ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Труды
XV Международного симпозиума
«Энергоресурсоэффективность и энергосбережение»

1–3 апреля 2015 г.

Казань
2015

УДК 620.9(470.41)
ББК 31.1
М 29

Под общей редакцией директора
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан
при Кабинете Министров Республики Татарстан»
доктора технических наук, профессора
заслуженного энергетика Республики Татарстан,
лауреата премии Правительства Российской Федерации
в области науки и техники
Мартынова Е.В.

Составители:
Мартынов Е.В., Чесноков В.В., Артамонова С.В.

Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: тр. / под общ. ред. Мартынова Е.В.; сост.: Мартынов Е.В., Чесноков В.В., Артамонова С.В. // XV Междунар. симп., Казань, 1–3 апреля 2015 г. / – Казань: Издательство: ИП Шайхутдинов А.И. 420138, РТ, г. Казань, ул. Дубравная, д. 12, кв. 87, 2015. -524 с.
ISBN 978-5-9906852-2-2

Труды XV Международного симпозиума посвящены актуальным проблемам повышения эффективности использования материальных и энергетических ресурсов, разработки и реализации региональных и производственных программ энергоресурсоэффективности.

Предназначены для специалистов, работающих в промышленности, энергетике, финансовых и банковских структурах, работников муниципальных образований, преподавателей учебных заведений, аспирантов и студентов.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.
Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

Все права защищены. Материалы сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан».

ISBN 978-5-9906852-2-2

© ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», 2015 г.
© Оформление ИП Шайхутдинов А.И. , 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГАНИЗАТОРЫ СИМПОЗИУМА 18
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ 19
ПРИВЕТСТВЕННЫЕ СЛОВА 21
Приветствие Премьер-министра Республики Татарстан –
председателя организационного комитета
Халикова Ильдара Шафкатовича 21

Приветствие заместителя Премьер-министра
Республики Татарстан – министра промышленности и торговли
Республики Татарстан, заместителя председателя организационного комитета
Зарипова Равиля Хамматовича 22

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ДОКЛАДЫ

О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
НА 2014-2020 ГОДЫ» ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА И ЗАДАЧАХ НА 2015 ГОД
Зарипов Р.Х., *заместитель Премьер-министра Республики Татарстан –*
министр промышленности и торговли Республики Татарстан, г. Казань *24*

О ДОСТИГНУТЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА
Сафиуллин Д.Х., *заместитель министра промышленности и торговли*
Республики Татарстан, г. Казань *35*

О ДОСТИГНУТЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА
Файзуллин И.Э., *министр строительства, архитектуры*
и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан, г. Казань *44*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
Ахметов М.Г., *заместитель премьер-министра Республики Татарстан –*
министр сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, г. Казань *49*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ
Гашо Е.Г., *Аналитический центр при Правительстве*
Российской Федерации, г. Москва *52*

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ ПРОЕКТЫ НАБИРАЮТ ОБОРОТЫ
Ливинский А.П., *ООО «ГПБ-Энергоэффект», г. Москва* *56*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ
В ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ
Мартынов Е.В., *ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан*
при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань *57*

ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ SMART GRID В РАЗНЫХ СТРАНАХ МИРА
Никитина Е.В., *ООО «Сименс», г. Москва* *66*

ТЕХНОЛОГИИ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ ДЛЯ SMARTGRID
Гурьев А.В., *ООО «Научно-производственное предприятие «ЭКРА», г. Чебоксары* *69*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Ахметова И.Г., Мухаметова Л.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Ахметов Т.Р., *ОАО «Казэнерго», г. Казань* *73*

ВЛИЯНИЕ ПОЭТАПНОГО ВНЕДРЕНИЯ АИТП НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ
Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В., Поленов Л.А., Павлов Л.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *77*

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА ОТ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ (ЦТП) НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ (АИТП)
Ахмерова Г.М., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *80*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ
Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Политова Т.О., Саляхова Р.Р., Назарычев С.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань *83*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ
Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Логинов В.Н., Политова Т.О.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань *87*

КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕДАЧЕ И ПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ»

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»
Филимонов А.Г., *ОАО «Генерирующая компания», г. Казань* *90*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ»
Кантюков Р.Р., Тамеев И.М., Злобин А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань *95*

РЕКОНСТРУКЦИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-2 СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ ПГУ-220 МВТ
Гирфанов А.А., Бахтеев Б.Р., *филиал ОАО «Генерирующая компания» – Казанская ТЭЦ-2, г. Казань* *98*

РАЗРАБОТКА ОБРАТИМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ
Ившин И.В., Копылов А.М., Гибадуллин Р.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *102*

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ»
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ
НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ
Кантюков Р.Р., Тамеев И.М., Злобин А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань *106*

АНАЛИЗ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ
ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССАХ РАЗДЕЛЕНИЯ
Звегинцев А.А., *Исследовательский центр проблем энергетики*
ФГБУН КазНЦ РАН,
Кашипова Л.А., Плотникова Л.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
энергетический университет», г. Казань *109*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ «ГОРКИ»
Максимов Е.Г., *филиал ОАО «Генерирующая компания» – Казанская ТЭЦ-1, г. Казань* *113*

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
НА БАЗЕ ПРУЖИННО-ВИТЫХ КАНАЛОВ
Золотоносов Я.Д., Князева И.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
архитектурно-строительный университет», г. Казань *116*

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА
Юсупов А.Р., Лотфуллин Д.Д., *филиал ОАО «ТГК-16» –*
Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1), г. Нижнекамск *119*

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА
Банникова А.А., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский)*
федеральный университет», г. Казань *123*

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ
В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
Миллер М.В., Новиков В.Ф., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
энергетический университет», г. Казань *127*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
Будникова И.К., Чернобровкин Е.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
энергетический университет», г. Казань *129*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК
(ДГУ) В СИСТЕМЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
Кантюков Р.Р., Сафиуллин А.Х., Гимранов И.Р.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань *132*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ
Медведева Г.А., Ахметова Р.Т., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
архитектурно-строительный университет», г. Казань *136*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
Низамов Л.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *140*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ДЫМОВОЙ ТРУБЫ НЧ ТЭЦ
Грибков А.М., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Тюклин Д.С., *Елабужская ТЭЦ, г. Елабуга* *143*

ПРАКТИЧЕСКИЙ КЕЙС
«ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ: НА ЧЕМ СФОКУСИРОВАТЬСЯ»

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ
Титов В.А., Макаров В.А., *ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань* *148*

РАБОТА ПАО «НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ» В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
Новиков С.В., *ПАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск* *150*

ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПО-РУССКИ: СЕМЬ УРОКОВ
Степанова М.В., *г. Екатеринбург* *154*

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Мусатов В.А., Халиуллин А.Ф., *ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань* *157*

ПРОГРАММЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ - ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ
Салимов Р.И., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», ГУП РТ «Татарстанский ЦНТИ», г. Казань* *161*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОСНОВНАЯ СТРУКТУРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕГИОНА
Трачук А.Р., *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Институт энергосбережения и энергоменеджмента, г. Киев* *165*

РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
Шапиро М.Ф., *ОАО «НИПОМ», г. Дзержинск* *168*

СОДЕРЖАНИЕ

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
***Гусева Т.В.**, Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург,*
***Бегак М.В.**, ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва* *172*

ЭКСПЕРТНАЯ ДИСКУССИЯ
«ЭНЕРГОСЕРВИС ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И МУНИЦИПАЛИТЕТОВ»

УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ
***Мукумов Р.Э.,** компания Hidden Energy, г. Москва* *178*

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПУТЕМ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ЭНЕРГОСЕРВИСНЫХ КОНТРАКТОВ
***Шафигуллин Р.Г.,** ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань* *180*

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ИЗДЕЛИЯ В ОБЛАСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ, НЕ УСТУПАЮЩИЕ ЛУЧШИМ МИРОВЫМ АНАЛОГАМ
***Барон В.Г.,** ООО «Теплообмен», г. Севастополь* *184*

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОВЕРКИ ПОЛНОТЫ И СВОЕВРЕМЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ МЕР ПО ИТОГАМ ПРОВЕДЕННЫХ СЧЕТНОЙ ПАЛАТОЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН АУДИТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСХОДОВАНИЯ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
***Колодников С.Е.,** Счетная палата Республики Татарстан, г. Казань* *192*

О ВНЕДРЕНИИ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)
***Пахомов А.Г.,** ГБУ Республики Саха (Якутия) «Региональное агентство энергоресурсосбережения», г. Якутск* *195*

ДОРАБОТКА ГОСТа Р 55705-2013 – ПУТЬ К НОВЫМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ВОЗМОЖНОСТЯМ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
***Абдуллазянов Э.Ю., Тукшаитов Р.Х.,** ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
***Курмаев И.Х.,** ООО «Торговый дом ФЕРЕКС», г. Казань,*
***Нигматуллин Р.М.,** Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, г. Казань* *200*

КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЭКОЛОГИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНВАЛИДИЗАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ
***Брума Е.В., Гордон В.А.,** ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел* *204*

БЕЗРЕАГЕНТНЫЙ СПОСОБ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ, ОСНОВАННЫЙ
НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань* *208*

РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ
Мингазетдинов И.Х., Кулаков А.А., Газеев Н.Х., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *212*

МЕТАБОЛИЗМ БЕЛОГО ФОСФОРА И ОСУЩЕСТВЛЯЮЩАЯ ЕГО МИКРОФЛОРА
Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г., *ФГБУН Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, г. Казань*
Алимова Ф.К., Сапармырадов К.А., Панкова А.В., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань* *215*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ
Садриева Г.К., Ключников О.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *219*

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ И ПОВЫШЕНИЕ
ИННОВАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СПЕЦИАЛИСТОВ И НАСЕЛЕНИЯ
Мухутдинова Т.З., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *221*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОРБЦИОННУЮ ЕМКОСТЬ ПО ОТНОШЕНИЮ
К НЕФТИ ЛИСТОВОГО ОПАДА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ
Алексеева А.А., Степанова С.В., Прохорова С.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань *225*

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ФТОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ
С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ
Кудашев С.В., Щуринова Д.А., Егоров А.А., Брежнев А.Г., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф., *ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград* *227*

ВОПРОСЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО
И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
Салиева Р.Н., *Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань* *231*

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАК ФАКТОР ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Гимранова А.Б.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань *234*

АНТРОПОГЕННЫЙ ШУМ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань* *238*

СОДЕРЖАНИЕ

К ВОПРОСУ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕРНИСТЫХ НЕФТЕЙ
Сираева И.Н., Низамутдинова Н.Р., *государственное бюджетное учреждение Республики Башкортостан Управление государственного аналитического контроля,*
Сафаров А.М., *ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа* *242*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ОПТИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЕТРА
Афанасьев А.Ю., Берёзов Н.А., Макаров А.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань* *244*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ И ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ
Валеева С.Е., *Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань,*
Успенский Б.В., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань* *248*

РАЗРАБОТКА СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОГО НЕФТЯНОГО ШЛАМА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Ильина О.Н., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *252*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОРБЦИИ БЕРЕЗОВОГО ОПАДА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ЖЕЛЕЗА (II)
Степанова С.В., Шаймарданова А.Ш., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *254*

НОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ
Мингазетдинов И.Х., Шипилова Р.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *257*

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВАЛОК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
Шамсиева Г.Ш., Найман С.М., Найман М.О., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *259*

СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
Ламзина И.В., Желтобрюхов В.Ф., *ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград* *262*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт», г. Волгоград,*
Юдаев И.В., *ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский* *265*

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ
Файзрахманова А.Р., Шакирова Г.Г., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *267*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ НОВОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СОЛОМЫ, ОТХОДОВ ПЕНОПЛАСТА И СВЯЗУЮЩЕГО КАУЧУКА
Ключников О.Р., *ООО «Олепластика», г. Казань,*
Мартьянов Н.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *270*

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
Гафаров И.Г., *ООО «Научно-внедренческая фирма «РЕНАРИСОРБ», г. Москва,*
Абдуллин И.Ш., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань,*
Паскалов Г.З., *Plasma Microsystem LLC, США,*
Монг Т.Х., *Applied Energy Microsystem Asia Pte Ltd, Сингапур,*
Аджарова Л., *Energy Agency of Plovdiv/EAP, Болгария* *271*

РАЗРАБОТКА ГЛУШИТЕЛЯ-НЕЙТРАЛИЗАТОРА ШУМА НА ОСНОВЕ «ПСЕВДОКИПЯЩЕГО» СЛОЯ ДЛЯ ДВС МАЛОЙ МОЩНОСТИ
Павлов Г.И., Теляшов Д.А., Халиулин Р.Р., Суховая Е.А., Ахметшина А.И., Сиразиева Р.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *275*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ БИОДЕСТРУКЦИИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ БИОРЕАКТОРА ПО ХПК И С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗОК
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *279*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ВИХРЕВОЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ
Гумерова Г.И., Гоголь Э.В., Мингазетдинов И.Х., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *281*

ОАО «ПОЗиС»: ПРИОРИТЕТ - ТОЛЬКО «ЗЕЛЕНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ
Мельникова Т.Н., *ОАО «ПОЗиС», г. Зеленодольск* *285*

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
Борисов А.С., Петров С.И., Успенский Б.В., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань,*
Боровский М.Я., Богатов В.И., Филимонов В.Н., *ООО «Геофизсервис», г. Казань* *289*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ
Крамина Т.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *293*

РЕКУПЕРАЦИЯ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ
Романова С.М., Фатыхова Л.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *296*

СОДЕРЖАНИЕ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИООЧИСТКИ ОСНОВНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ХИМЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В АЭРОТЕНКЕ
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *298*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОУГЛЯ КАК НОВОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В., Григорьян Б.Р., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань* *301*

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: БИОТОПЛИВО ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ
Калайда М.Л., Зуева О.С., Галимова Р.Ш., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Зуев Ю.Ф., *ФГБУН «Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН», г. Казань* *305*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
Желовицкая А.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *309*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СХЕМА ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ
Чудакова О.Г., Желовицкая А.В., Рахматуллин Э.Э., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *311*

ХИМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ УСТАРЕВШИХ ПОРОХОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
Павлова Д.И., Романова С.М., Хузеев М.В., Ахтямова З.Г.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань *313*

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТОПЛИВОПОДГОТОВКЕ
Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В., Ахметвалиева Г.Р., Салихзянова Д.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань *315*

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИООЧИСТКИ ХИМЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОБЪЕМА РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ ЗОНЫ
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *319*

СИНТЕЗ ХЛОРНИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
Романова С.М., Мадякина А.М., Фридланд С.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *322*

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В НЕКОТОРЫХ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ТЕРМИНАХ
Кирсанов В.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *324*

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОУГЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ
Валеева А.А., Григорьян Б.Р., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань,*
Bayan M.R., *Университет Линкольна в Миссури, г. Джефферсон-Сити (США)* *329*

МЕТАНТЕНК КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА
Чудакова О.Г., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *332*

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СУЛЬФАТАМИ
Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Шулаев М.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань,* *335*

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

СОЗДАНИЕ, ОСВОЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ РАСЧЕТА ДИНАМИКИ РОТОРНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ С АКТИВНЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ
Ахметзянов А.М., Андрианов А.В., Гузельбаев Я.З., Сусликов Э.В., Фаляхов И.В., *ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань,*
Ахметова В.Н., Кантюков Р.Р., Сорвачев А.В., *ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань* *339*

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ
Игошин В.А., Анвартдинов Р.Ф., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *343*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА
Афанасьев В.А., Дегтярёв Г.Л., Мещанов А.С., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань* *345*

СОСТАВ И СТРУКТУРА ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО С ДОБАВКАМИ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ И МОЛОТОГО ДОМЕННОГО ШЛАКА
Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *349*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИОНА: ТЕОРИЯ НОВОГО ВРЕМЕНИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
Мызникова М.Н., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань* *353*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА С ЛАМПАМИ ДНАЗ И ДРИЗ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА
Халиуллин А.Ф., *ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань* *357*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕМОНТА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОПРОВОДОВ
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *361*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ НА МИНИ-ТЭС
Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., *ФГБУН КазНЦ РАН, г. Казань* *363*

СОДЕРЖАНИЕ

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ
Зуева О.С., Беневоленская Н.Н., Боровская А.О., Шарипова Э.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Зуев Ю.Ф., *ФГБУН Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН,*
г. Казань *367*

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА И ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
Кантюков Р.Р., Сорвачев А.В., *ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань* *371*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ
Демьянова О.А., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный*
университет», г. Казань *375*

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ВОДОЗАЩИТНЫХ
ЦЕЛИКОВ В ГИПСОВЫХ РУДНИКАХ ПОВОЛЖЬЯ
Шакуро С.В., *ООО «ФРОНТ Геология», г. Нижний Новгород,*
Боровский М.Я., Богатов В.И., Филимонов В.Н., *ООО «Геофизсервис», г. Казань* *378*

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТА
Шамигулова А.М., Ильин О.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
энергетический университет», г. Казань *382*

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКА
ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ
Антипина О.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский*
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань *386*

РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОНТАКТНЫМ ТЕПЛООБМЕНОМ
Хамидуллин Р.Н., *ООО «НПО Пылеочистка», ФГБОУ ВПО «Казанский национальный*
технологический исследовательский университет», г. Казань *394*

РАЗРАБОТКА ГЛУШИТЕЛЯ-НЕЙТРАЛИЗАТОРА С КАТАЛИТИЧЕСКИМ БЛОКОМ
С ЯЧЕИСТО-КАРКАСНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ
Павлов Г.И., Теляшов Д.А., Ахметшина А.И., Суховая Е.А.,
Халиулин Р.Р., Зиннатуллин Р.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный*
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань *398*

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ КОНВЕРСИИ
ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ
Чичирова Н.Д., Зуева О.С., Чичиров А.А., Власов С.М., *ФГБОУ ВПО «Казанский*
государственный энергетический университет», г. Казань,
Зуев Ю.Ф., *ФГБУН Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань* *402*

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ
Крамина Т.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный*
архитектурно-строительный университет», г. Казань *406*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИНАМИКИ
НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВОЗМУЩЕНИЯХ
Мещанов А.С., Севрюгин С.Ю., Туктаров Э.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань *408*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОТОПЛЕНИЮ ЧАСТНОГО ДОМА
Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *413*

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН
Кантюков Р.Р., Тамеев И.М., *ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань,*
Саиткулов В.Г., Саиткулов Н.О., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань,*
Хуснутдинов Ш.Н., *ООО «Фирма «Мера», пгт Васильево* *416*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТНОГО ШЛАМА ТЭС ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Николаева Л.А., Исхакова Р.Я., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *419*

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ
Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *422*

УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ГТЭ-110 И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ В СОСТАВЕ БЛОКА 300 МВт
Машина Н.Н., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань* *425*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С ЗАДАННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
Сафин И.Ш., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *427*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ
Рыжков Д.В., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Каратаев О.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань,*
Шамсутдинова З.Р., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань* *431*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ
Гаркушенко В.И., *ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань,*
Аль барри Самоал Хасан, *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань* *435*

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ
Голованов В.И., *ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург,*
Куличкова Е.А., *ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» КБ «Армас», г. Санкт-Петербург* *438*

СОДЕРЖАНИЕ

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
Матухин В.Л., Шмидт Е.В., Шульгин Д.А., Шмидт С.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань.....441

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АМОРТИЗИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
Волкова Н.В., Голованов В.И., Кузьменко П.А., *ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург 444*

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА
В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
Гавриленко А.Н., Матухин В.Л., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Корзун Б.В., Соболь В.Р., *Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск.....447*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНЫ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ
Хисматулов Л.Р., Валиуллин М.А., Давыдов А.П., Гатиятуллин М.Р., Кулмакова Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань 451

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПОИСКА СКРЫТЫХ КАНАЛОВ, ПОЛОСТЕЙ
И ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань.....453*

К ИЗВЛЕЧЕНИЮ ВАНАДИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ
Нукенов Д.Н., *Центральная комиссия по разведке и разработке полезных ископаемых Министерства нефти и газа Республики Казахстан, г. Астана,*
Мухаметшин Р.З., *ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань,*
Пунанова С.А., *Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва.....457*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-ОТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ И МАТЕРИАЛОВ
Ключников О.Р., *ООО «Олепластика», г. Казань,*
Усманов Ф.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Ключников И.О., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань 461*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ РЕАКЦИИ ВУЛКАНИЗАЦИИ
НЕПРЕДЕЛЬНЫХ КАУЧУКОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ С-НИТРОЗНЫМИ СИСТЕМАМИ
Хисматуллин Г.Р., Ключников О.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.....463*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА РАСХОДА
ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА
Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань.....465*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С ЗАДАННЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ
Иванцов А.И., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *469*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВСАСЫВАНИЯ
НА ОБЪЕМ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА
Давыдов А.П., Валиуллин М.А., Ланцов А.Е., Габдрафиков Р.Р., Гатиятуллин М.Р., Кулмакова Р.Р., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *473*

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ШУМА ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ СТРУИ
Ягофаров О.Х., Накоряков П.В., Зиннатуллин Р.Р., Теляшов Д.А., Суховая Е.А., Драницина Е.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *475*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ
В УСЛОВИЯХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН
Гатауллин Р.Н., *ФГБУН «Каз НЦ РАН», г. Казань* *479*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ
Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *483*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ С НЕЛИНЕЙНЫМИ
МОДЕЛЯМИ МАЛЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ
Мещанов А.С., Севрюгин С.Ю., Туктаров Э.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *485*

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ
МЕМБРАН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
Шайхиев И.Г., Федотова А.В., Дряхлов В.О., Хаертдинова А.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *490*

УПРАВЛЕНИЕ С МАЛЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЗАТРАТАМИ И ПОВЫШЕННЫМИ РЕСУРСОМ
И КАЧЕСТВОМ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ И НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ
Мещанов А.С., Гатауллина Л.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань* *493*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ
Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р., *ФГБУН «КазНЦ РАН», г. Казань* *498*

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО
ТЕЛА, ПЕРЕМЕЩАЕМОГО В КАНАЛЕ
Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань* *502*

СОДЕРЖАНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОЛОМА-КАУЧУК
Мартьянов Н.А., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,*
Ключников О.Р., *ООО «Олепластика», г. Казань* *506*

ИЗОТЕРМЫ СОРБЦИИ ФЕНОЛА АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ СОРБЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
Тухватуллина Р.З., Шайхиев И.Г., *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань* *508*

КВАДРАТНАЯ РАВНОМЕРНО ВСАСЫВАЮЩАЯ ПАНЕЛЬ
Ланцов А.Е., Давыдов А.П., Ахмерова Г.М., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань*..... *511*

УЧЕБНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ
Хакимов И.С., Баширова А.И., Новиков В.Ф., *ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань*..... *516*

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ..... *517*

ОРГАНИЗАТОРЫ СИМПОЗИУМА

Кабинет Министров Республики Татарстан

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан

Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан

Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан

Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан

Министерство образования и науки Республики Татарстан

Министерство здравоохранения Республики Татарстан

Министерство труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан

Министерство информатизации и связи Республики Татарстан

ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан»

ОАО «Генерирующая компания»

ОАО «Сетевая компания»

ОАО «Татэнергосбыт»

ООО «УК КЭР-Холдинг»

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»

ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг»

ОАО «Татнефть»

ОАО «Казанская ярмарка»

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель организационного комитета:

ХАЛИКОВ ИЛЬДАР ШАФКАТОВИЧ, Премьер-министр Республики Татарстан

Сопредседатель организационного комитета:

ИНЮЦЫН АНТОН ЮРЬЕВИЧ, заместитель Министра энергетики Российской Федерации

Заместитель председателя организационного комитета:

ЗАРИПОВ РАВИЛЬ ХАММАТОВИЧ, заместитель Премьер-министра Республики Татарстан – министр промышленности и торговли Республики Татарстан

Члены организационного комитета:

АБДУЛЛАЗЯНОВ ЭДВАРД ЮНУСОВИЧ, ректор ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»

АХМЕТОВ МАРАТ ГОТОВИЧ, заместитель Премьер-министра Республики Татарстан – министр сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан

ВАФИН АДЕЛЬ ЮНУСОВИЧ, министр здравоохранения Республики Татарстан

ГИЛЬМУТДИНОВ АЛЬБЕРТ ХАРИСОВИЧ, ректор ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

ЗАРИПОВ АЙРАТ РИНАТОВИЧ, руководитель Республиканского агентства по печати и массовым коммуникациям «Татмедиа»

ЗАРИПОВ МАРАТ РИВГАТОВИЧ, председатель Государственного комитета Республики Татарстан по тарифам

ЗАРИПОВА ЭЛЬМИРА АМИРОВНА, министр труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан

ЛЕОНОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, министр по делам молодежи и спорту Республики Татарстан

МАРТЫНОВ ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, директор ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан»

МЕТШИН ИЛЬСУР РАИСОВИЧ, глава муниципального образования г. Казани

НАЗИРОВ АЛМАС АМИНОВИЧ, министр лесного хозяйства Республики Татарстан

ПАХОМОВ АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, генеральный директор Ассоциации предприятий и предпринимателей Республики Татарстан

ПЕТРОВ БОРИС ГЕРМАНОВИЧ, руководитель Приволжского управления Ростехнадзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

САДРИЕВА ГУЗЯЛ ГАБДУЛХАКОВНА, начальник Управления энергетики Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан

САЛАХОВ МЯКЗЮМ ХАЛИМУЛОВИЧ, президент Академии наук Республики Татарстан

САФИН ЛЕНАР РИНАТОВИЧ, министр транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан

САФИУЛЛИН ДАМИР ХАРУНОВИЧ, заместитель министра промышленности и торговли Республики Татарстан

СЕМЁНОВ ЛЕВ ЛЕОНИДОВИЧ, генеральный директор ОАО «Казанская ярмарка»

СИДОРОВ АРТЕМ ГЕОРГИЕВИЧ, министр экологии и природных ресурсов Республики Татарстан

СТАНКЕВИЧ ЮРИЙ АРКАДЬЕВИЧ, заместитель председателя Комитета по энергетической политике и энергоэффективности общероссийской общественной организации «Российский союз промышленников и предпринимателей»

ТУКТАРОВ ФАРИД ХАЙДАРОВИЧ, директор ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Татарстан»

ФАЙЗУЛЛИН ИРЕК ЭНВАРОВИЧ, министр строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан

ФАРДИЕВ ИЛЬШАТ ШАЕХОВИЧ, генеральный директор ОАО «Сетевая компания»

ФАСХИЕВ ГЕРМАН НИКОЛАЕВИЧ, начальник отдела промышленности Аппарата Кабинета Министров Республики Татарстан

ФАТТАХОВ ЭНГЕЛЬ НАВАПОВИЧ, заместитель Премьер-министра Республики Татарстан – министр образования и науки Республики Татарстан

ХАЗИЕВ РАУЗИЛ МАГСУМЯНОВИЧ, генеральный директор ОАО «Генерирующая компания»

ХОХОРИН АРТЁМ ВАЛЕРЬЕВИЧ, министр внутренних дел по Республике Татарстан

ШАЙХУТДИНОВ РОМАН АЛЕКСАНДРОВИЧ, заместитель Премьер-министра Республики Татарстан – министр информатизации и связи Республики Татарстан

ЯРУЛЛИН РАФИНАТ САМАТОВИЧ, генеральный директор ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг»



Приветствие
Премьер-министра Республики Татарстан, председателя организационного комитета
ХАЛИКОВА ИЛЬДАРА ШАФКАТОВИЧА

Уважаемые участники и гости XV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» и XVI Международной специализированной выставки «Энергетика. Ресурсосбережение – 2015»!

Ежегодно проводимые в г. Казани Международный симпозиум «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» и Международная специализированная выставка «Энергетика. Ресурсосбережение» – это открытая площадка профессионального диалога экспертов, ученых, предпринимателей, представителей федеральных и региональных органов власти, от инициативы и практических решений которых напрямую зависит дальнейшая стратегия энергетической эффективности.

Быстрый и устойчивый рост экономики невозможен без системного внедрения инновационных энергоэффективных технологий и прогрессивного подхода к энергосбережению. Симпозиум и выставка за годы своего существования стали действенным механизмом продвижения новейших технологий и проектов, современного оборудования, важнейших достижений в сфере энергосбережения.

Актуальность рассматриваемых в ходе их проведения вопросов привлекает внимание не только российских, но и зарубежных специалистов, с каждым годом увеличивая число участников, в том числе из стран Азии и Европы.

Выражаю уверенность, что участники симпозиума и выставки совместными усилиями найдут решение ключевых отраслевых и межотраслевых проблем, что будет способствовать укреплению научно-технического потенциала и развитию интеграционных связей на всех уровнях.

Желаю плодотворной работы, достижения поставленных целей, полезных встреч и успешного осуществления задуманных проектов!



Приветствие
заместителя Премьер-министра
Республики Татарстан – министра промышленности
и торговли Республики Татарстан,
заместителя председателя организационного комитета
ЗАРИПОВА РАВИЛЯ ХАММАТОВИЧА

Уважаемые участники и гости юбилейного XV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» и XVI Международной специализированной выставки «Энергетика. Ресурсосбережение–2015»!

От имени Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан позвольте приветствовать вас на гостеприимной земле Татарстана!

Республика Татарстан – один из наиболее развитых в экономическом отношении регионов России. По основным экономическим показателям Татарстан входит в первую десятку регионов России.

Основу мощного промышленного потенциала республики составляют такие высокотехнологичные отрасли, как нефтехимия, машиностроение, топливно-энергетический комплекс. Именно поэтому масштабное внедрение инновационных энергосберегающих технологий во всех отраслях промышленности является залогом устойчивого роста экономики республики.

Проводимые в Татарстане Международный симпозиум «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» и Международная специализированная выставка «Энергетика. Ресурсосбережение» стали традиционными и получили высокое признание со стороны экспертного сообщества.

Эти деловые форумы с каждым годом наращивают свой потенциал, собирая представителей государственной власти, науки и бизнеса, ведущих экспертов и аналитиков в сфере энергосбережения и энергоэффективности.

Насыщенная деловая программа предоставляет возможность участникам выставки и симпозиума продемонстрировать инновационные технологии, научно-технические разработки в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, обменяться мнениями по интересующим вопросам.

Убежден, на площадках симпозиума и выставки состоятся плодотворные деловые встречи и обсуждения, в ходе которых будут определены перспективы развития взаимовыгодных отношений предприятий и организаций Татарстана с хозяйствующими субъектами российских регионов, зарубежных стран.

Желаю участникам плодотворной и успешной работы, успехов в профессиональной деятельности, реализации намеченных планов и проектов!

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ДОКЛАДЫ

**Заседание Правительства Республики Татарстан
«О ходе реализации государственной программы
«Энергосбережение и повышение энергетической эффективности
в Республике Татарстан на 2014–2020 годы»
по итогам 2014 года и задачах на 2015 год»**

О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН НА 2014–2020 ГОДЫ» ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА И ЗАДАЧАХ НА 2015 ГОД

Зарипов Р.Х.,
заместитель Премьер-министра Республики Татарстан – министр промышленности и торговли Республики Татарстан, г. Казань

Государственная политика в области энергосбережения и энергоэффективности является одним из приоритетных направлений развития экономики Республики Татарстан.

Основным документом по реализации политики энергосбережения является Государственная программа энергосбережения Республики Татарстан на 2014–2020 годы.

По итогам заседания правительства республики в марте 2014 года было принято решение и определены задачи на 2014 год, по которым проведена следующая работа:

1. Так, по федеральной программе энергосбережения в 2014 году освоено 266,5 млн рублей за счет субсидий из федерального бюджета (таблица 1).

Таблица 1.

Финансирование государственной программы энергосбережения Республики Татарстан

Источник финансирования	Федеральный бюджет (субсидия)	Бюджет Республики Татарстан	Внебюджетные источники	ВСЕГО
2014 (план), млн руб.	266,58	1273,4	3273,3	4813,3
2014 (факт на 01.01.2015), млн руб.	266,47	1273,4	3124,05	4663,9
% выполнения (на 01.01.2015)	99,9%	100 %	95,4 %	96,9 %

Софинансирование со стороны республиканского бюджета составило 1,27 млрд рублей.

Следует отметить, что Татарстан с 2011 года участвует в федеральной программе субсидирования госпрограмм энергосбережения.

За четыре года общие затраты на реализацию Программы составили 21,2 млрд рублей. Из них:
- федеральных средств – 1,6 млрд рублей,
- из бюджета республики – 5,1 млрд рублей,
- внебюджетных средств привлечено более 14,5 млрд рублей.

На эти средства в республике:
- в ходе капитального ремонта жилищного фонда проведены ремонт инженерных систем, установка узлов регулирования, а также ремонт крыш и фасадов;
- модернизировано уличное освещение населенных пунктов во всех муниципальных районах;
- осуществлен перевод на поквартирные системы отопления жилищного фонда (двухконтурные котлы) в 17 районах;
- модернизировано котельное оборудование на объектах социальной сферы в 30 районах;
- проведены энергетические обследования бюджетных организаций и другие мероприятия.

2. В 2014 году создана рабочая группа по корректировке государственных программ республики по основным отраслям экономики для включения в них мероприятий и целевых показателей в области энергоэффективности.

Рабочей группой утвержден план работы, подготовлены предложения по внесению изменений в государственные программы.

В этом году нам совместно с отраслевыми министерствами необходимо завершить эту работу.

3. Актуализированы требования к программам энергосбережения регулируемых организаций. Осуществляется контроль за их исполнением при формировании тарифов.

4. Завершена разработка Схемы теплоснабжения города Казани, которая утверждена приказом Минэнерго России.

5. Совместно с министерством строительства республики проведен анализ энергопотребления жилого фонда и организаций бюджетной сферы республики.

Характеризуя результаты оценки энергоэффективности экономики, хотелось отметить следующее.

За 7-летний период валовый региональный продукт Республики Татарстан в текущих ценах вырос до 1,6 трлн рублей, рост на 25,5 % к 2007 году в сопоставимых ценах (рис. 1).

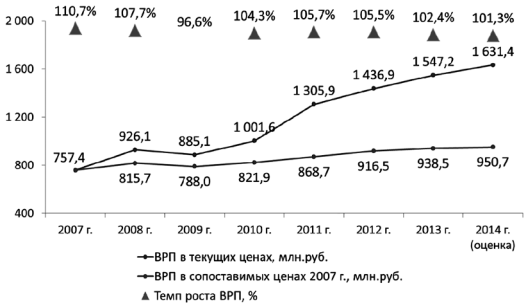


Рис. 1. ВРП Республики Татарстан и темпы его роста (в ценах 2007 года, млрд рублей)

При этом энергоемкость ВРП за этот период снизилась на 23,4 %. Задача к 2020 году – обеспечить снижение энергоемкости экономики республики еще на 16,6 % (рис. 2).

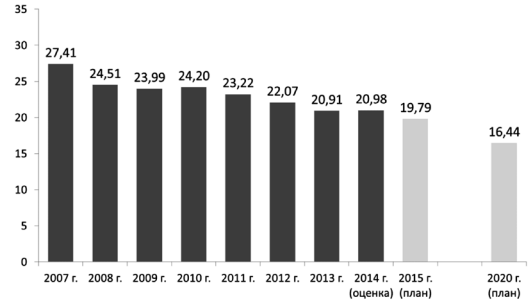


Рис. 2 . Энергоемкость ВРП по первичным энергоносителям (в ценах 2007 года, т.у.т./млн рублей)

Однако относительно показателей развитых стран мира и Европы мы по-прежнему имеем высокую удельную энергоемкость экономики и обладаем значительным нереализованным потенциалом энергосбережения (рис. 3).

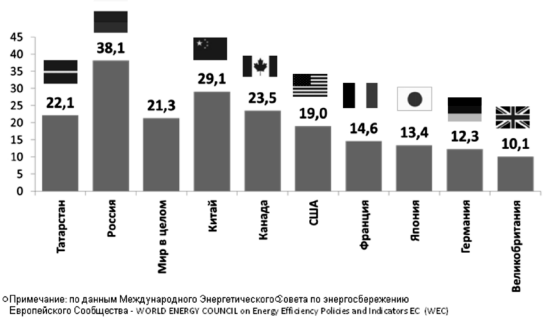


Рис. 3. Интегральный показатель энергоэффективности по ведущим странам мира (индикатор энергоемкости, т.у.т./млн рублей)

В этой связи, нам предстоит большая работа по повышению как энергоэффективности, так и конкурентоспособности экономики Татарстана.

Среди регионов Приволжского федерального округа Республика Татарстан по показателю энергоемкости ВРП входит в группу лидеров (рис. 4).

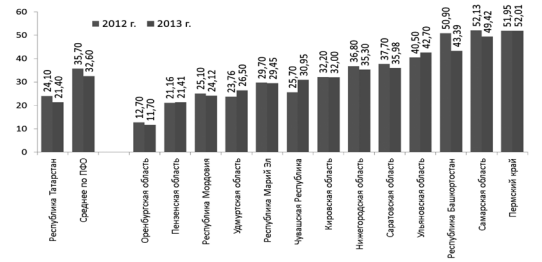


Рис. 4. Энергоемкость ВРП регионов ПФО по данным региональных программ энергосбережения (кг у.т./тыс. рублей)

Основной вклад в формирование валового регионального продукта республики вносит промышленность.

На промышленный сектор экономики приходится около 87 % объемов потребления первичных топливно-энергетических ресурсов: природного газа, мазута, дизтоплива и др. (рис. 5).

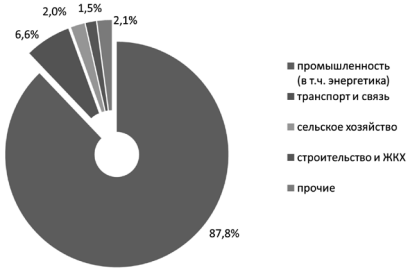


Рис. 5. Структура потребления первичных ТЭР по отраслям экономики Республики Татарстан

Отрадно отметить, что индикатор энергоемкости в промышленности имеет тенденцию к снижению (рис. 6).

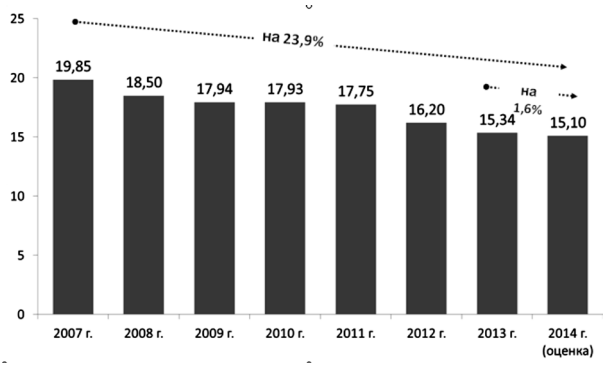


Рис. 6. Индикатор энергоемкости промышленности РТ (в ценах 2007 года, т.у.т./млн рублей)

В 2014 году значение индикатора энергоемкости продукции промышленности составило около 15 тонн условного топлива на млн рублей товарной продукции.

Снижение составило 1,6 % к 2013 году.

Наиболее энергоемким в республике является химическое и нефтехимическое производство (таблица 2).

Таблица 2.

Значения индикатора энергоемкости по предприятиям отрасли «Химия и нефтехимия»

Наименование предприятия	ИПП 2014 г. в сопостав. ценах, %	Энергоемкость продукции, кг у.т./тыс. рублей		%, 2014/2013
		2013 г.	2014 г.	
ПАО «Нижнекамскнефтехим»	102,7	23,67	23,39	-1,2
ОАО «Казанский завод синтетического каучука»	98,5	11,01	9,64	-12,4
ОАО «Казаньоргсинтез»	99,0	12,69	12,79	0,8
ООО «Менделеевсказот»	100,2	5,71	6,09	6,7
ОАО «Химзавод им. Л.Я.Карпова»	98,3	22,77	20,98	-7,8
ЗАО «КВАРТ»	92,6	3,61	3,92	8,7
ОАО «Татхимфармпрепараты»	95,8	3,12	3,42	9,9

Среди предприятий отрасли необходимо отметить результативную работу по снижению энергоемкости производства группы компаний «ТАИФ» и «Татнефть».

В 2014 году на предприятиях машиностроения достигнуты хорошие результаты энергоэффективности за счет внедрения энергосберегающих мероприятий и энергоменеджмента.

Хотелось отметить эффективную работу таких предприятий, как ОАО «Казанский электротехнический завод», ОАО «Казанькомпрессормаш», ОАО «КАМАЗ», ОАО «Казанский вертолетный завод» (таблица 3).

Другое направление нашей работы, которое значительно улучшает эффект энергосбережения, – это внедрение элементов и технологий «бережливого производства».

Сегодня внедрение лин-технологий осуществляется на 167 предприятиях и организациях машиностроения, химии, нефтехимии, энергетики, легкой промышленности, сельского хозяйства, транспорта, здравоохранения.

Таблица 3.

Значения индикатора энергоемкости по предприятиям отрасли «Машиностроение»

Наименование предприятия	ИПП 2014 г. в сопостав. ценах, %	Энергоемкость продукции, кг у.т./тыс. рублей		%, 2014/2013
		2013 г.	2014 г.	
ОАО «Казанькомпрессормаш»	109,3	8,23	7,06	- 14,26
ОАО «КАМАЗ»	88,4	22,4	22,64	1,03
ООО «ПКФ «БЕТАР»	104,6	0,25	0,27	10,0
ОАО «ЕлАЗ»	91,7	0,75	1,13	50,84

Полученный практический опыт позволил нам перевести внедрение технологий «бережливого производства» с уровня предприятий на масштабы городов республики.

В настоящее время реализуется проект «Набережные Челны – город устойчивого развития». Его реализация позволит создать эффективную систему устойчивого развития предприятий города.

Работа по внедрению лин-технологий будет продолжена и в 2015 году в рамках подпрограммы «Повышение производительности труда на предприятиях Республики Татарстан до 2020 года».

Сегодня в этом направлении начата работа по аудиту 20 предприятий республики (таблица 4).

Таблица 4.

**Внедрение элементов и технологий «бережливого производства»
20 промышленных предприятий**

«ОПК»	«Химия и нефтехимия»
ОАО «ПОЗИС» ОАО «Завод Элекон» ОАО «КЭТЗ» ОАО «КОМЗ» ОАО «НПО «ОКБ им. М.П. Симонова»	ОАО «КЗСК» ЗАО «Кварт» ООО «НПП «Тасма» ОАО «Татхимфармпрепараты»
«Машиностроение»	**«Энергетика»**
ОАО «Казанькомпрессормаш» ОАО «БЭНЗ» ОАО ПКФ «Бетар» ОАО «Вакууммаш» ОАО «Кукморский завод металлопосуды» ООО ПО «Начало» ОАО «КМИЗ» ОАО «АТЗ»	ООО «ИНВЭНТ-Электро» ООО «Таткабель» ООО «Таттеплоизоляция»

Одновременное внедрение программ энергосбережения и технологий «бережливого производства» позволит повысить эффективность системы управления этих технологий программ и получить синергетический эффект.

Одной из ключевых задач является повышение энергоэффективности на этапе производства и распределения энергетических ресурсов.

На долю сектора энергетики и ЖКХ приходится около 66 % объемов потребления первичных топливно-энергетических ресурсов *(природный газ, мазут, уголь, дизельное топливо, бензин).*

По итогам 2014 года наилучшие результаты получены в филиале ТГК-16 компании ОАО «ТАИФ» (г. Нижнекамск) и на Казанской ТЭЦ-1, филиала ОАО «Генерирующей компании».

Следует отметить, что в Республике Татарстан реализуется «Дорожная карта по вводу энергетических мощностей на 2014–2019 годы». Она направлена на решение задач обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения потребителей республики (рис. 7).

Капиталовложения:

- по генерирующим компаниям – **56,5 млрд руб;**
- по сетевому хозяйству – **28,0 млрд руб.**

Планируется ввести:

- трансформаторной мощности – **1 710 МВА;**
- линий электропередач – **787 км;**
- генерирующей мощности на ТЭЦ – **1 548,6 МВт.**

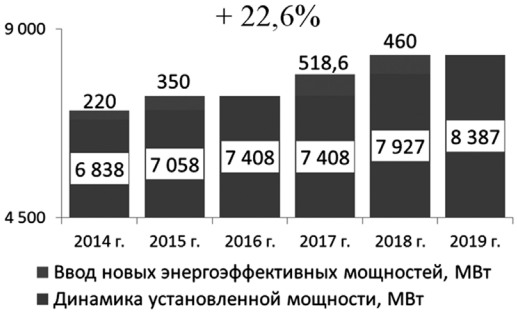


Рис. 7. Дорожная карты по вводу энергетических мощностей на территории Республики Татарстан на 2014-2019 годы

Реализованные инвестиционные проекты:

- модернизация Казанской ТЭЦ-2 (строительство ПГУ-220 МВт).

Реализуемые инвестиционные проекты:

- реконструкция Казанской ТЭЦ-1 (230 Мвт);
- реконструкция Елабужской ТЭЦ (230 МВт);
- реконструкция Нижнекамской ТЭЦ с установкой турбин низкопотенциального пара (350 МВт);
- реконструкция Казанской ТЭЦ-3 (388,6 МВт);
- реконструкция Уруссинской ГРЭС (130 МВт).

В рамках «Дорожной карты» планируется ввести:

- трансформаторной мощности порядка 1710 МВА;
- линий электропередач порядка 787 км;
- генерирующей мощности на ТЭЦ суммарным объемом 1548,6 МВт.

Ввод мощностей планируется всеми генерирующими компаниями республики.

Один из наиболее значимых проектов «Дорожной карты», который в настоящее время успешно реализован, – это проект «Казанская ТЭЦ-2».

Строительство ПГУ-220 МВт – крупнейший проект в Республике Татарстан за последние годы. Его реализация позволит:

- сократить выбросы загрязняющих веществ (диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота) в 5 раз;
- снизить удельный расход топлива по станции на отпуск электроэнергии – на 23 %; на отпуск тепловой – на 4,5 %.

В целом по итогам 2014 года благодаря системной работе предприятий энергокомплекса республики нам удалось снизить удельный показатель расхода топлива на выработку электрической энергии тепловыми электростанциями на 1,6 % к 2013 году.

Известно, что транспортировка ресурсов до потребителя – трудоемкая сфера деятельности в энергетике.

За счет реализации ряда конкретных мер и инвестиционных программ за последние 4 года снижены потери в электрических сетях на 18 %.

Тем не менее уровень потерь при транспортировке остается высоким относительно общемировых показателей:

- по электрическим сетям они составляют 7,3 %;
- по тепловым сетям – 16,6 %.

В связи с этим необходимо в полном объеме обеспечить выполнение утвержденной программы развития электроэнергетики до 2019 года.

Важным направлением реализации государственной политики энергосбережения является повышение энергоэффективности бюджетной сферы как на республиканском, так и на муниципальном уровнях.

Министерством промышленности республики в ежеквартальном режиме проводится анализ энергопотребления бюджетными организациями в отраслевом и территориальном разрезах (таблица 5).

Таблица 5.

Показатели энергоэффективности муниципальных образований РТ (бюджетная сфера)

Период	Удельное потребление энергетических ресурсов и воды											
	отопление (газ + тепло), т.у.т./кв.м.				вода (ГВС + ХВС), куб.м./чел.				электро, кВт·ч/кв.м.			
	за 3 мес.	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.	за 3 мес.	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.	за 3 мес.*	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.
2014 г.	0,0129	0,0154	0,0190	0,0281	0,406	0,818	1,265	1,679	14,3	14,7	20,8	29,7
2013 г.	0,0137	0,0160	0,0198	0,0285	0,430	0,881	1,386	1,825	14,2	15,0	21,3	30,2
%, 2014/ 2013	**94,3**	**96,0**	**95,9**	**98,6**	**94,3**	**92,8**	**91,3**	**92,0**	**100,8**	**98,4**	**97,7**	**98,3**

*Примечание: с учетом расходов на нужды уличного освещения.

Период	Оснащенность приборами учета и узлами регулирования					
	ТЭ		ПГ	ГВС	ХВС	ЭЭ
	ПУ%	УР%	ПУ%	ПУ%	ПУ%	ПУ%
на 01.04.2014	63,9	63,4	96,0	86,9	85,1	92,8
на 01.07.2014	73,0	70,8	96,6	92,4	89,2	94,7
на 01.10.2014	76,9	75,6	99,0	94,3	89,6	98,0
на 01.01.2015	**75,9**	**72,3**	**99,0**	**94,4**	**90,8**	**98,1**

В целом в бюджетной сфере по итогам 2014 года наблюдается устойчивая динамика снижения удельных показателей потребления по всем видам энергетических ресурсов и воды.

Так, снижение удельных показателей по сравнению с 2013 годом составило:

- по тепловой энергии и газу – 1,4 %;
- по электрической энергии – 1,7 %;
- по воде – 8 %.

Надо отметить, что такие результаты получены благодаря:

- реализации комплекса республиканских программ по капитальному ремонту школ, строительству и ремонту объектов здравоохранения и культуры,
- а также целевому применению субсидий на мероприятия по энергосбережению.

Среди муниципальных образований лучшие удельные показатели бюджетной сферы достигнуты в Лениногорском, Буинском, Мамадышском районах и Набережных Челнах.

Обращаю внимание на районы с высокими удельными показателями потребления энергоресурсов.

Руководителям данных муниципальных образований республики необходимо провести детальный отраслевой анализ энергопотребления по подведомственным учреждениям бюджетной сферы (таблицы 6, 7, 8).

Таблица 6.

Общий рейтинг по удельным показателям потребления энергоресурсов и воды, 1 группа – города

Наименование МО (ГО)	Ранг по отоплению	Ранг по воде	Ранг по электроэнергии	Средний балл
Лениногорский	3	5	1	3,00
Буинский	7	2	4	4,33
Нижнекамский	1	14	3	6,00
г. Набережные Челны	2	12	5	6,33
Азнакаевский	10	8	2	6,67
Нурлатский	11	3	6	6,67
Альметьевский	4	6	11	7,00
Елабужский	9	1	13	7,67
Заинский	12	4	9	7,67
Бугульминский	8	11	7	8,67
Зеленодольский	9	7	10	8,67
Бавлинский	6	10	12	9,33
г. Казань	5	9	14	9,33
Чистопольский	13	13	8	11,33

Таблица 7.

Общий рейтинг по удельным показателям потребления энергоресурсов и воды, 2 группа – смешанные н.п.

Наименование МО (ГО)	Ранг по отоплению	Ранг по воде	Ранг по электроэнергии	Средний балл
Кукморский	1	5	6	3,67
Арский	10	3	2	5,00
Мамадышский	3	6	6	5,00
Аксубаевский	11	2	4	5,67
Агрызский	2	11	7	6,67
Ютазинский	15	7	1	7,67
Спасский	5	8	10	7,67
Балтасинский	13	10	3	8,67
Тетюшский	7	4	15	8,67
Рыбно-Слободский	8	9	11	9,33
Апастовский	16	1	12	9,67

Мензелинский	6	18	8	10,67
Алексеевский	14	14	9	12,33
Сабинский	9	12	16	12,33
Менделеевский	4	15	18	12,33
Сармановский	12	13	13	12,67
Камско-Устьинский	14	17	14	15,00
Лаишевский	17	16	17	16,67

Таблица 8.

Общий рейтинг по удельным показателям потребления энергоресурсов и воды, 3 группа – сельские н.п.

Наименование МО (ГО)	Ранг по отоплению	Ранг по воде	Ранг по электроэнергии	Средний балл
Дрожжановский	1	2	5	2,67
Атнинский	8	1	2	3,67
Муслюмовский	4	8	3	5,00
Пестречинский	5	3	8	5,33
Алькеевский	9	7	1	5,67
Кайбицкий	7	9	4	6,67
Черемшанский	2	6	13	7,00
Тукаевский	6	4	12	7,33
Тюлячинский	3	11	9	7,67
Актанышский	10	10	7	9,00
Верхнеуслонский	12	5	10	9,00
Новошешминский	11	12	6	9,67
Высокогорский	7	13	11	10,33

Значительным потребителем энергоресурсов является жилищно-коммунальная сфера. Здесь особенно актуальны меры энергосбережения, поскольку касаются каждого жителя республики.

Несмотря на меры, принимаемые на федеральном и республиканском уровнях по капитальному ремонту жилого фонда, износ как внутридомовых инженерных сетей, так и подводящих сетей продолжает оставаться высоким.

По этой причине потери в сетях достигают 18 %. Это – наши неиспользованные большие резервы.

Значительный резерв снижения потерь передачи тепловой энергии заключается в переводе горячего водоснабжения многоквартирных домов в крупных городах с центральных тепловых пунктов (ЦТП) на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП).

Приведу в качестве положительного примера опыт работы Набережных Челнов, которые снизили потери до уровня 13 %.

Хотелось отметить инициативу «Генерирующей компании» совместно с мэрией Казани по разработке программы перевода с центральных тепловых пунктов на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (таблица 9). Это значительно снизит потери тепловой энергии.

Таблица 9.

Реализация проекта по переходу с ЦТП на ИТП

Паспорт	
Объекты реализации	1856 – г. Казань, из них 1324 – МКД
Срок реализации	2015–2017 годы
Стоимость	2,1 млрд рублей, в т.ч.: 0,877 млрд рублей – ОАО «Генерирующая компания»; 1,2 млрд рублей – субсидии из федерального бюджета
Планируемый эффект	до 20 % – экономия тепловой энергии; на 27 % – снижение потребления
	

В настоящее время подана заявка в Минэнерго России на софинасирование данной программы со стороны федерального бюджета. Общая стоимость проекта оценивается в 2,1 млрд рублей.

Реализация проекта позволит не только модернизировать систему горячего водоснабжения, но и снизить энергоемкость производства и передачи тепловой энергии для нужд ГВС (горячего водоснабжения).

Следует отметить также важность информационной поддержки и пропаганды энергосбережения.

В республике ежегодно проводится обучение по программе повышения квалификации специалистов бюджетных организаций.

В 2014 году по программе Минэнерго России обучение прошли 851 человек из числа специалистов бюджетной сферы республики (таблица 10).

Таблица 10.

Обучение по курсу повышения квалификации лиц, ответственных за энергосбережение

Группы обучения	1 группа (категория А)	2 группа (категория В)
Место проведения обучения	г. Москва НИТУ «МИСиС»	г. Казань ФГБОУ ВПО «КГЭУ»
Целевая аудитория	руководители	специалисты
Сроки обучения	апрель-сентябрь 2014 г.	май-сентябрь 2014 г.
Обучено по РТ	26 человек	825 человек

Успешно ведет работу по подготовке кадров энергетического профиля ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», который оснащен современными лабораториями.

Напомню, в 2013 году на базе ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет» был создан Центр компетенций и технологий в области энергосбережения.

1 апреля 2015 г. на площадке Центра компетенций открылся научно-технический центр «Данфосс», в котором специалисты проектных, монтажных и эксплуатационных организа-

ций смогут повысить свою квалификацию в области энергетики, жилищно-коммунального хозяйства и промышленности.

Отмечу, что большая работа по пропаганде энергосбережения проведена республиканскими СМИ при поддержке Республиканского агентства «Татмедиа».

В прошедшем году республиканские предприятия и организации приняли участие в первом Всероссийском конкурсе проектов по энергоэффективности в рамках проведения форума ENES-2014, организованного Министерством энергетики Российской Федерации.

Республиканские проекты в области энергосбережения заняли призовые места в семи номинациях конкурса и были отмечены памятными призами.

Конкурс имел важное значение для пропаганды энергосберегающих технологий и энергоэффективности.

Татарстан активно сотрудничает с другими регионами Российской Федерации по вопросам энергосбережения в рамках межрегиональных соглашений (таблица 11).

Таблица 11.

Сотрудничество в области энергосбережения

с мировыми производителями энергетического оборудования	с регионами РФ в рамках межрегиональных соглашений
Данфосс Шнайдер Электрик Сименс Йокогава Бош Дженерал Электрик и другие	Ульяновская область Орловская область Саратовская область Пензенская область Республика Башкортостан Республика Саха (Якутия) Республика Крым Удмуртская Республика г. Санкт-Петербург и другие регионы

Сегодня в работе симпозиума и выставки принимают участие руководители и специалисты органов государственной власти и центров энергосбережения Московской, Мурманской, Орловской, Ульяновской, Самарской, Калужской, Кемеровской, Свердловской областей, Якутии, Удмуртии, Башкортостана, Краснодарского края и других регионов Российской Федерации.

Благодарим наших коллег за проявленный интерес к проводимым в Татарстане мероприятиям.

Мы готовы к дальнейшему развитию сотрудничества в вопросах повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Безусловно, значительный эффект дает реальное исполнение соглашений о сотрудничестве с мировыми производителями энергетического оборудования, такими компаниями как: «Данфосс», «Шнайдер Электрик», «Сименс», «Йокогава», «Бош».

Следует отметить, что в рамках программы Дней энергосбережения и повышения энергетической эффективности с 1 по 3 апреля проводится Международный симпозиум по актуальным вопросам энергосбережения в промышленности, в жилищно-коммунальной и бюджетной сфере. Деловая программа форума насыщенная и направлена на разные группы целевой аудитории.

Пользуясь возможностью, обращаюсь к руководителям муниципальных образований, предприятий и учебных заведений республики с просьбой принять активное участие в программных мероприятиях.

В заключение отмечу, что для обеспечения конкурентоспособности экономики республики и повышения качества жизни населения республики нам необходимо принять исчерпывающие меры для выполнения программ по энергоресурсосбережению.

Заседание Правительства Республики Татарстан
«О ходе реализации государственной программы
«Энергосбережение и повышение энергетической эффективности
в Республике Татарстан на 2014–2020 годы»
по итогам 2014 года и задачах на 2015 год»

О ДОСТИГНУТЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА

Сафиуллин Д.Х.,
заместитель министра промышленности и торговли Республики Татарстан, г. Казань

Министерством промышленности и торговли Республики Татарстан проведен анализ и подготовлен сводный рейтинг муниципальных образований и министерств Республики Татарстан на основе достигнутых показателей энергоэффективности бюджетной сферы по итогам 2014 года.

Рейтинг сформирован по девяти показателям энергоэффективности *(три показателя удельной величины потребления энергоресурсов и воды, шесть показателей по степени оснащенности приборами учета и узлами регулирования потребления энергоресурсов и воды),* где муниципальные районы и городские округа условно разделены на **три группы** (таблица 1):

– муниципальные районы с центром – городом республиканского подчинения и городские округа, всего 14 районов: Азнакаевский, Альметьевский, Бавлинский, Бугульминский, Буинский, г. Казань, г. Набережные Челны, Елабужский, Заинский, Зеленодольский, Лениногорский, Нижнекамский, Нурлатский, Чистопольский;

– муниципальные районы, имеющие городское и сельское население, всего 18 районов: Агрызский, Аксубаевский, Алексеевский, Апастовский, Арский, Балтасинский, Камско-Устьинский, Кукморский, Лаишевский, Мамадышский, Менделеевский, Мензелинский, Рыбно-Слободский, Сабинский, Сармановский, Спасский, Тетюшский, Ютазинский;

– муниципальные районы, имеющие только сельское население, всего 13 районов: Актанышский, Алькеевский, Атнинский, Верхнеуслонский, Высокогорский, Дрожжановский, Кайбицкий, Муслюмовский, Новошешминский, Пестречинский, Тукаевский, Тюлячинский, Черемшанский.

Таблица 1.

Методика составления рейтинга муниципальных образований РТ по показателям энергоэффективности в бюджетной сфере

Группы муниципальных образований	1 группа	2 группа	3 группа
	муниципальные районы с центром – городом республиканского подчинения и городские округа (всего 14 районов)	муниципальные районы, имеющие городское и сельское население (всего 18 районов)	муниципальные районы, имеющие только сельское население (всего 13 районов)
Показатели энергоэффективности	1 группа (потребление)	2 группа (учет)	
	удельный расход энергетических ресурсов и воды на снабжение органов местного самоуправления и муниципальных учреждений (всего три показателя)	оснащенность органов местного самоуправления и муниципальных учреждений приборами учета, используемых энергетических ресурсов и воды, в т.ч. с узлами регулирования (всего шесть показателей)	

Проанализировав полученные результаты за 2014 год, можно сделать следующие выводы (таблица 2 и таблица 3):

1) в целом по Республике Татарстан в муниципальной бюджетной сфере изменение показателя удельного потребления энергетических ресурсов и воды к 2013 году составило:

- в части «отопления» (тепло и газ) – **98,6 %** (снижение на 1,4 %);
- в части воды (горячая и холодная) – **92,0 %** (снижение на 8,0 %);
- в части электрической энергии – **98,3 %** (снижение на 1,7 %);

2) оснащенность муниципальной бюджетной сферы приборами учета используемых энергетических ресурсов и воды на 1 января 2015 года составила:

- по теплу – **75,9 %,** в том числе с узлами регулирования – **72,3 %;**
- по природному газу – **99,0** %;
- по горячей воде – **94,4** %;
- по холодной воде – **90,8** %;
- по электрической энергии – **98,1** %.

Таблица 2.

Показатели энергоэффективности муниципальных образований в бюджетной сфере

Период	Удельное потребление энергетических ресурсов и воды											
	отопление (газ + тепло), т.у.т./кв.м.				вода (ГВС + ХВС), куб.м./чел.				электро, кВт·ч/кв.м.			
	за 3 мес.	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.	за 3 мес.	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.	за 3 мес.*	за 6 мес.	за 9 мес.	за 12 мес.
2014 г.	0,0129	0,0154	0,0190	0,0281	0,406	0,818	1,265	1,679	14,3	14,7	20,8	29,7
2013 г.	0,0137	0,0160	0,0198	0,0285	0,430	0,881	1,386	1,825	14,2	15,0	21,3	30,2
%	**94,3**	**96,0**	**95,9**	**98,6**	**94,3**	**92,8**	**91,3**	**92,0**	**100,8**	**98,4**	**97,7**	**98,3**

*Примечание: с учетом расходов на нужды уличного освещения

Таблица 3.

Период	Оснащенность приборами учета и узлами регулирования					
	ТЭ		ПГ	ГВС	ХВС	ЭЭ
	ПУ%	УР%	ПУ%	ПУ%	ПУ%	ПУ%
на 01.04.2014	63,9	63,4	96,0	86,9	85,1	92,8
на 01.07.2014	73,0	70,8	96,6	92,4	89,2	94,7
на 01.10.2014	76,9	75,6	99,0	94,3	89,6	98,0
на 01.01.2015	75,9	72,3	99,0	94,4	90,8	98,1

Рассмотрим результаты в разрезе каждой группы сводного рейтинга.

В первой группе районов наилучшие результаты по удельной величине потребления энергоресурсов и воды в муниципальном бюджетном секторе достигнуты в Лениногорском, Буинском районах (таблица 4).

При этом в разрезе ресурсов отмечены следующие результаты:

– по «отоплению»:

минимальное значение в Нижнекамском районе (0,0216 т.у.т./кв.м);

максимальное – в Чистопольском районе (0,0342 т.у.т./кв.м).

Разница между максимальным и минимальным значениями – 1,6 раза;

– по воде:
минимальное значение в Елабужском районе (1,068 куб.м/чел.);
максимальное – в Нижнекамском районе (2,712 куб.м/чел.).
Разница между максимальным и минимальным значениями – 2,5 раза;
– по электрической энергии:
минимальное значение в Лениногорском районе (17,9 кВт·ч/кв.м);
максимальное – в г. Казань (37,8 кВт·ч/кв.м).
Разница между максимальным и минимальным значениями – 1,5 раза.

Таблица 4.

Удельные показатели потребления энергоресурсов и воды, 1 группа – города

Наименование МР (ГО)	Место	Отопление (газ и тепло), т.у.т./кв.м.		Вода (ГВС+ХВС), куб.м/чел.		Энергия, кВт·ч/кв.м	
		2014 г.	ранг	2014 г.	ранг	2014 г.	ранг
Татарстан		0,0281		1,679		29,7	
Средний по группе 1		0,0267		1,863		30,1	
Лениногорский	1	0,0236	3	1,383	5	17,9	1
Буинский	2	0,0291	7	1,159	2	24,3	4
Нижнекамский	3	0,0216	1	2,712	14	23,0	3
г. Набережные Челны	4	0,0219	2	1,986	12	26,1	5
Азнакаевский	5	0,0320	10	1,660	8	22,8	2
Нурлатский	5	0,0327	11	1,193	3	26,6	6
Альметьевский	6	0,0262	4	1,448	6	32,9	11
Елабужский	7	0,0310	9	1,068	1	37,5	13
Заинский	8	0,0328	12	1,292	4	29,3	9
Бугульминский	9	0,0295	8	1,944	11	26,9	7
Зеленодольский	9	0,0310	9	1,555	7	30,4	10
Бавлинский	10	0,0287	6	1,880	10	37,0	12
г. Казань	10	0,0282	5	1,856	9	37,8	14
Чистопольский	11	0,0342	13	2,634	13	27,0	8
Разница max/min		1,6		2,5		1,5	

Во второй группе районов наилучшие показатели достигнуты в Кукморском, Арском, Мамадышском, Аксубаевском, Агрызском районах. Результаты представлены в таблице 5.

В разрезе ресурсов разница между максимальным и минимальным значениями по группе составила:

- по «отоплению» (тепло и газ) – **4,7 раза;**
- по воде (горячая и холодная) – **3,8 раза;**
- по электрической энергии – **2,6 раза.**

В третьей группе районов наилучшие показатели достигнуты в Дрожжановском, Атнинском, Муслюмовском, Пестречинском районах. Результаты представлены в таблице 6.

В разрезе ресурсов разница между максимальным и минимальным значениями по группе составила:

- по «отоплению» (тепло и газ) – **2,2 раза;**
- по воде (горячая и холодная) – **7,9 раза;**
- по электрической энергии – **3 раза.**

Таблица 5.

Удельные показатели потребления энергоресурсов и воды, 2 группа – смешанные н.п.

Наименование МР (ГО)	Место	Отопление (газ и тепло), т.у.т./кв.м		Вода (ГВС+ХВС), куб.м/чел.		Энергия, кВт·ч/кв.м	
		2014 г.	ранг	2014 г.	ранг	2014 г.	ранг
Татарстан		0,0281		1,679		29,7	
Средний по группе 2		0,0302		1,071		28,3	
Кукморский	1	0,0166	1	0,567	5	21,6	5
Арский	2	0,0319	10	0,514	3	18,0	2
Мамадышский	2	0,0236	3	0,731	6	24,2	6
Аксубаевский	3	0,0324	11	0,477	2	20,8	4
Агрызский	4	0,0195	2	1,237	11	25,2	7
Ютазинский	5	0,0399	15	0,878	7	17,9	1
Спасский	5	0,0256	5	0,940	8	29,0	10
Балтасинский	6	0,0339	13	1,217	10	18,8	3
Тетюшский	6	0,0283	7	0,555	4	39,8	15
Рыбно-Слободский	7	0,0298	8	1,200	9	32,2	11
Апастовский	8	0,0440	16	0,455	1	33,2	12
Мензелинский	9	0,0281	6	1,716	18	28,4	8
Алексеевский	10	0,0391	14	1,549	14	28,7	9
Сабинский	10	0,0315	9	1,421	12	39,9	16
Менделеевский	10	0,0244	4	1,552	15	46,7	18
Сармановский	11	0,0327	12	1,523	13	33,6	13
Камско-Устьинский	12	0,0391	14	1,698	17	35,6	14
Лаишевский	13	0,0776	17	1,654	16	40,8	17
Разница max/min		4,7		3,8		2,6	

В следующих трех таблицах представлен рейтинг по оснащенности муниципальной бюджетной сферы приборами учета (ПУ) и узлами регулирования (УР) используемых энергетических ресурсов и воды по состоянию на 01.01.2015 в разрезе каждой группы сводного рейтинга.

В первой группе районов наилучшие показатели достигнуты в Альметьевском районе, г. Набережные Челны, г. Казани и других муниципальных образованиях Республики Татарстан.

При этом относительно невысокие показатели оснащенности приборами учета по отдельным видам ресурсов в бюджетной сфере имеют: Нурлатский (32,1 % по теплу), Бугульминский (32,5 % по ГВС), Зеленодольский (82,2 % по ХВС), Елабужский (80 % по газу) районы (таблица 7).

Во второй группе районов наилучшие показатели достигнуты в Ютазинском, Апастовском, Арском и других районах республики.

При этом относительно невысокие показатели оснащенности приборами учета по отдельным видам ресурсов в бюджетной сфере имеют: Мензелинский (1,8 % по теплу; 4,3 % по ХВС), Балтасинский (6,7 % по теплу) районы (таблица 8).

В третьей группе районов наилучшие показатели достигнуты в Высокогорском, Муслюмовском, Актанышском и других муниципальных образованиях Республики Татарстан.

При этом относительно невысокие показатели оснащенности приборами учета по отдельным видам ресурсов в бюджетной сфере имеют: Новошешминский (7,1 % по теплу), Дрожжановский (16,7 % по теплу), Кайбицкий (14,3 % по ХВС) районы (таблица 9).

Таблица 6.

Удельные показатели потребления энергоресурсов и воды, 3 группа – сельские н.п.

Наименование МР (ГО)	Место	Отопление (газ и тепло), т.у.т./кв.м		Вода (ГВС+ХВС), куб.м/чел.		Энергия, кВт·ч/кв.м	
		2014 г.	ранг	2014 г.	ранг	2014 г.	ранг
Татарстан		0,0281		1,679		29,7	
Средний по группе 3		0,0321		1,008		29,8	
Дрожжановский	1	0,0265	1	0,431	2	23,1	5
Атнинский	2	0,0317	8	0,232	1	15,7	2
Муслюмовский	3	0,0291	4	0,997	8	18,7	3
Пестречинский	4	0,0292	5	0,684	3	33,5	8
Алькеевский	5	0,0328	9	0,972	7	14,1	1
Кайбицкий	6	0,0312	7	1,062	9	19,6	4
Черемшанский	7	0,0268	2	0,923	6	42,9	13
Тукаевский	8	0,0295	6	0,729	4	36,4	12
Тюлячинский	9	0,0280	3	1,166	11	34,8	9
Актанышский	10	0,0351	10	1,080	10	33,4	7
Верхнеуслонский	10	0,0591	12	0,805	5	35,4	10
Новошешминский	11	0,0366	11	1,539	12	29,1	6
Высокогорский	12	0,0312	7	1,844	13	35,7	11
Разница max/min		2,2		7,9		3,0	

В следующих двух таблицах представлены показатели энергоэффективности бюджетной сферы в разрезе республиканских министерств, имеющих наибольшую сеть подведомственных государственных учреждений.

Среди министерств наилучшие результаты по величине удельного потребления энергоресурсов и воды за 2014 год достигнуты по Министерству культуры Республики Татарстан (таблица 10).

В разрезе ресурсов разница между максимальным и минимальным значениями по отраслям бюджетной сферы составила:

- по «отоплению» (тепло и газ) – **1,6 раза;**
- по воде (горячая и холодная) – **3,1 раза;**
- по электрической энергии – **2,9 раза.**

Таблица 7.

Оснащенность приборами учета (ПУ) и узлами регулирования (УР), 1 группа – города

%, на 01.01.2015

Наименование МО (ГО)	Место	ПУ ТЭ	УР ТЭ	ПУ ПГ	ПУ ГВС	ПУ ХВС	ПУ ЭЭ
Татарстан		75,9	72,3	99,0	94,4	90,8	98,1
Средний по группе 1		89,6	87,9	96,4	94,9	98,5	99,3
Альметьевский	1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
г. Набережные Челны	2	100,0	98,2	100,0	100,0	100,0	100,0
Буинский	3	91,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
г. Казань	4	100,0	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0
Лениногорский	5	99,3	x	100,0	100,0	100,0	97,8
Заинский	6	100,0	100,0	100,0	95,7	95,0	98,1
Азнакаевский	7	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	100,0
Нижнекамский	8	90,8	100,0	100,0	100,0	100,0	95,7
Елабужский	9	95,6	75,0	80,0	92,5	60,5	100,0
Бугульминский	10	57,9	52,6	100,0	32,5	100,0	100,0
Чистопольский	11	74,5	7,4	95,7	100,0	98,6	99,1
Зеленодольский	11	64,8	64,1	98,3	63,1	82,2	99,1
Нурлатский	12	32,1	23,7	100,0	x	100,0	100,0
Бавлинский	13	44,7	43,5	96,8	87,5	100,0	94,4

Таблица 8.

Оснащенность приборами учета (ПУ) и узлами регулирования (УР), 2 группа – смешанные н.п.

%, на 01.01.2015

Наименование МО (ГО)	Место	ПУ ТЭ	УР ТЭ	ПУ ПГ	ПУ ГВС	ПУ ХВС	ПУ ЭЭ
Татарстан		75,9	72,3	99,0	94,4	90,8	98,1
Средний по группе 2		28,0	25,1	100,0	85,3	71,4	96,4
Ютазинский	1	100,0	100,0	x	100,0	100,0	100,0
Апастовский	1	x	x	100,0	x	100,0	100,0
Арский	1	100,0	100,0	100,0	x	100,0	100,0
Рыбно-Слободский	1	100,0	100,0	100,0	x	100,0	100,0
Сабинский	1	100,0	100,0	100,0	x	100,0	100,0
Мамадышский	2	83,3	83,3	100,0	x	100,0	100,0
Алексеевский	3	50,0	100,0	100,0	x	85,2	100,0
Сармановский	4	87,0	56,5	100,0	100,0	47,9	100,0
Камско-Устьинский	5	62,5	62,5	100,0	x	80,0	100,0

Менделеевский	6	43,1	34,5	x	81,3	84,2	97,3
Агрызский	7	58,8	58,8	x	50,0	45,9	100,0
Спасский	7	28,6	28,6	100,0	x	98,5	84,7
Тетюшский	8	14,6	x	100,0	x	80,6	100,0
Лаишевский	9	27,8	50,0	100,0	x	66,7	84,7
Балтасинский	10	6,7	6,7	100,0	x	81,6	100,0
Аксубаевский	11	x	x	100,0	x	34,7	100,0
Кукморский	12	21,1	15,8	100,0	x	17,3	93,4
Мензелинский	13	1,8	1,8	x	x	4,3	81,0

Таблица 9.

Оснащенность приборами учета (ПУ) и узлами регулирования (УР), 3 группа – сельские н.п.

%, на 01.01.2015

Наименование МО (ГО)	Место	ПУ ТЭ	УР ТЭ	ПУ ПГ	ПУ ГВС	ПУ ХВС	ПУ ЭЭ
Татарстан		75,9	72,3	99,0	94,4	90,8	98,1
Средний по группе 3		74,3	62,2	99,5	100,0	76,8	98,0
Высокогорский	1	100,0	100,0	100,0	x	100,0	100,0
Муслюмовский	1	100,0	100,0	100,0	x	100,0	100,0
Актанышский	2	100,0	100,0	100,0	x	100,0	96,5
Пестречинский	3	87,5	75,0	100,0	x	87,3	100,0
Новошешминский	4	100,0	7,1	100,0	x	75,8	100,0
Тюлячинский	4	100,0	100,0	95,0	x	100,0	93,6
Тукаевский	5	69,7	x	100,0	100,0	84,3	97,1
Дрожжановский	6	16,7	x	100,0	x	100,0	100,0
Черемшанский	6	92,3	x	100,0	x	43,2	100,0
Кайбицкий	7	100,0	x	100,0	x	14,3	100,0
Атнинский	8	50,0	100,0	93,5	x	100,0	94,6
Алькеевский	9	x	x	100,0	x	13,6	100,0
Верхнеуслонский	10	x	x	100,0	x	42,9	91,7

По показателю оснащенности приборами учета и узлами регулирования используемых энергоресурсов и воды наилучшие показатели имеют Министерство по делам молодежи и спорту Республики Татарстан и Министерство здравоохранения Республики Татарстан. При этом по Министерству молодежи и спорта обеспечен 100%-ый учет (таблица 11).

Таблица 10.

Сводный рейтинг по удельным показателям потребления энергоресурсов и воды в разрезе министерств Республики Татарстан

Наименование министерства	Место	Общее количество учреждений, шт.	Общая площадь учреждений, тыс. кв.м	Отопление (газ и тепло), т.у.т./кв.м		Вода (ГВС+ХВС), куб.м/чел.		Энергия кВт·ч/кв.м	
				2014 г.	ранг	2014 г.	ранг	2014 г.	ранг
Средний показатель				0,0289		51,46		46,1	
Минкульт РТ	1	62	318,27	0,0224	2	19,20	1	50,4	2
Минспорт РТ	2	23	108,69	0,0202	1	48,35	2	80,6	5
Минобр РТ	3	155	1167,25	0,0272	3	59,01	5	27,8	1
Минздрав РТ	4	150	2249,51	0,0307	4	52,23	3	52,6	4
Минтруд РТ	5	178	287,97	0,0320	5	54,48	4	51,6	3
Разница max/min				1,6		3,1		2,9	
Минсельхоз РТ (справочно)		50	33,78	0,0347	x	39,59	x	49,5	x
Минлесхоз РТ (справочно)		*63*	*65,51*	*0,0201*	*x*	*5,61*	*x*	*72,2*	*x*

Таблица 11.

Сводный рейтинг по оснащенности приборами учета (ПУ) и узлами регулирования (УР) в разрезе министерств Республики Татарстан

Наименование министерства	Место	ПУ ТЭ	УР ТЭ	ПУ ПГ	ПУ ГВС	ПУ ХВС	ПУ ЭЭ
Средний показатель		**84,7**	**72,9**	**96,5**	**94,1**	**93,6**	**98,0**
Минспорт РТ	1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Минздрав РТ	2	91,6	84,7	99,1	96,9	98,0	100,0
Минтруд РТ	3	83,6	65,5	95,3	92,2	88,7	**96,1**
Минкульт РТ	4	75,8	70,2	100,0	**78,9**	**84,2**	96,4
Минобр РТ	5	**74,8**	**51,7**	**81,6**	87,1	86,7	90,6
Минсельхоз РТ (справочно)	*x*	*55,6*	*66,7*	*70,0*	*100,0*	*73,2*	*98,1*
Минлесхоз РТ (справочно)	*x*	*12,5*	*11,1*	*95,5*	*100,0*	*64,7*	*82,5*

В заключение доклада хотел бы обратить внимание на необходимость проведения постоянного мониторинга и анализа достигнутых показателей энергоэффективности бюджетной сферы на уровне соответствующего муниципального образования, отраслевого министерства Республики Татарстан (таблицы 12, 13).

Таблица 12.

Муниципальные образования и министерства с высокими показателями эффективности потребления энергоресурсов и воды

1 группа – города	2 группа – смешанные н.п.	3 группа – сельские н.п.	Министерства
Лениногорский Буинский	Кукморский Арский Мамадышский Аксубаевский Агрызский	Дрожжановский Атнинский Муслюмовский Пестречинский	Минкульт РТ

Таблица 13.

Муниципальные образования и министерства с высокими показателями оснащенности приборами учета и узлами регулирования

1 группа – города	2 группа – смешанные н.п.	3 группа – сельские н.п.	Министерства
Альметьевский г. Набережные Челны Буинский г. Казань Лениногорский Заинский Азнакаевский	Ютазинский Апастовский Арский Рыбно-Слободский Сабинский Мамадышский Алексеевский	Высокогорский Муслюмовский Актанышский Пестречинский Новошешминский	Минспорт РТ Минздрав РТ

Министерство промышленности и торговли будет и в дальнейшем в ежеквартальном режиме проводить эту работу и представлять ее результаты в Кабинет Министров Республики Татарстан.

**Заседание Правительства Республики Татарстан
«О ходе реализации государственной программы
«Энергосбережение и повышение энергетической эффективности
в Республике Татарстан на 2014–2020 годы»
по итогам 2014 года и задачах на 2015 год»**

О ДОСТИГНУТЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ ПО ИТОГАМ 2014 ГОДА

Файзуллин И.Э.,
министр строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан, г. Казань

Министерством строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан подготовлен рейтинг муниципальных образований на основе достигнутых результатов в области энергоэффективности по итогам 2014 года в многоквартирном жилищном фонде.

Методика основана на оценке муниципальных образований по удельному потреблению энергоресурсов и воды, а также использованию приборов учета ресурсов для расчетов в многоквартирных домах. На основе достигнутых показателей по итогам года сформированы рейтинги муниципальных образований по трем группам (таблица 1):

- 1 группа – города;
- 2 группа – муниципальные районы, имеющие городское и сельское население (смешанные населенные пункты);
- 3 группа – муниципальные районы, имеющие сельское население (сельские населенные пункты).

Таблица 1.

Методика составления рейтинга муниципальных образований Республики Татарстан по показателям энергоэффективности в МКД

Группа муниципальных образований	1 группа	2 группа	3 группа
	Муниципальные образования с центром – городом республиканского подчинения и городские округа	Муниципальные образования, имеющие городские и сельские поселения	Муниципальные образования, имеющие только сельские поселения

Показатели энергоэффективности	1 группа (потребление)	2 группа (учет)
	Удельный расход энергетических ресурсов и воды на снабжение МКД	Использование в МКД приборов учета для расчета потребления энергетических ресурсов и воды

Данные для расчета показателей удельного потребления ресурсов (количество проживающих, начисления, объем потребления, площади) получены от ЗАО «БАРС Групп», на основании базы данных Министерства социальной защиты Республики Татарстан (более полная, чем база данных ЕРЦ).

Удельное потребление электрической энергии рассчитывалось как отношение потребления электрической энергии (кВт*час) на занимаемую площадь (кв.м) в МКД.

Удельное потребление холодной и горячей воды рассчитывалось как отношение потребления воды (куб.м) на количество проживающих (чел.) в МКД.

Удельное потребление тепловой энергии рассчитывалось как отношение начислений по тепловой энергии (руб.), площади МКД (кв.м) и тарифа на тепловую энергию (руб./гКал).

В целом по республике в 2014 году в сравнении с 2013 годом изменение удельного потребления энергетических ресурсов составило (отношение среднего значения 2014 и 2013 годов, переведенное в проценты):

в части электрической энергии – 97,6 %.
- Среднее значение по 2013 году – 35,99 кВт*час/кв.м
- Среднее значение по 2014 году – 35,11 кВт*час/кв.м

в части холодного водоснабжения – 99,9 %;
- Среднее значение по 2013 году – 28,14 куб.м/чел.
- Среднее значение по 2014 году – 28,13 куб.чел/чел.

в части горячего водоснабжения – 96,3 %;
- Среднее значение по 2013 году - 15,89 куб.м/чел.
- Среднее значение по 2014 году – 15,31 куб.чел/чел.

в части тепловой энергии – 100 %, потребление осталось на прошлогоднем уровне
- Среднее значение по 2013 году – 0,26 Гкал /кв.м.
- Среднее значение по 2014 году – 0,26 Гкал / кв.м.

По состоянию на 01.01.2015 результаты по использованию в МКД приборов учета ресурсов следующие:
- по использованию приборов учета тепловой энергии – 78 %,
- горячей воды – 62 %,
- холодной воды – 59 %,
- электроснабжения – 93 %.

Рассмотрим результаты рейтинга по использованию в МКД приборов учета ресурсов в разрезе каждой группы.

В 1 группе – города:
- Среднее значение использования приборов учета составляет 73 %.
- Лидерами являются: Набережные Челны, Лениногорский и Буинский районы.
- Отстающие: Нижнекамский, Нурлатский, Елабужский и Зеленодольский районы.

Результаты 2 группы – смешанные, и здесь средний уровень использования приборов учета – 72 %.

Лидеры: Ютазинский, Лаишевский, Аксубаевский районы.

Отстающие: Агрызский, Спасский районы.

Результаты 3 группы – сельские, среднее значение применения приборов учета составило 64 %.

Лидеры: Алькеевский, Муслюмовский, Актанышский районы.

Отстающие: Тукаевский, Дрожжановский районы.

Дальше рассмотрим удельное потребление электрической энергии по группам потребителей.

Удельное потребление электрической энергии 1 группы – города.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 31,91 кВт*час/кв.м. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 98,79 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 1 группе составила 1,35 раза.

Лидеры: Азнакаевский, Бавлинский, Заинский районы.

Отстающие: г. Казань, Нурлатский район.

Удельное потребление электрической энергии 2 группы – смешанные населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 34,83 кВт*час/кв.м. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 100,14 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 2 группе составила 1,46 раза.

Лидеры: Менделеевский, Сармановский, Ютазинский районы.

Отстающие: Алексеевский, Балтасинский, Апастовский, Лаишевский районы.

Удельное потребление электрической энергии 3 группы – сельские населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 38,94 кВт*час/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 99,9 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 3 группе составила 1,48 раза.

Лидеры: Тюлячинский, Дрожжановский, Черемшанский районы.

Отстающие: Атнинский, Кайбицкий, Верхнеуслонский районы.

Переходим к рассмотрению показателя удельное потребление холодной воды.

Удельное потребление холодной воды в 1 группе – города.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 31,28 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 99,14 %

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 1 группе составила 2,02 раза.

Лидеры: Заинский, Буинский, Елабужский районы.

Отстающие: Зеленодольский, Лениногорский районы и г. Казань.

Удельное потребление холодной воды во 2 группе – смешанные населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 25,92 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 99,46 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 2 группе составила 1,71 раза.

Лидеры: Балтасинский, Менделеевский, Арский районы.

Отстающие: Мензелинский, Аксубаевский и Агрызский районы.

Удельное потребление холодной воды в 3 группе – сельские населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 27,81 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 101,76 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года по 3 группе составила 2,05 раза.

Лидеры: Атнинский, Кайбицкий, Тукаевский районы.

Отстающие: Пестречинский, Высокогорский и Алькеевский районы.

По показателю удельное потребление горячей воды в МКД с централизованным горячим водоснабжением следующая ситуация:

Удельное потребление горячей воды в 1 группе – города.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 16,28 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 97,1 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 2,06 раза.

Лидеры: Чистопольский, Заинский, Альметьевский районы.

Отстающие: Зеленодольский район, г. Казань и Буинский район.

Удельное потребление горячей воды во 2 группе – смешанные населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 14,64 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 99,1%

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 1,46 раза.

Лидер: Менделеевский район.

Отстающие: Лаишевский и Агрызский районы.

Удельное потребление горячей воды в 3 группе – сельские населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 12,2 куб.м/чел. Изменение с аналогичным показателем прошлого года – 87,8 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 1,28 раза.

Лидер: Тукаевский район.

Отстающий: Верхнеуслонский район.

И еще одним показателем является удельное потребление тепловой энергии в МКД с централизованным отоплением.

Удельное потребление тепловой энергии в 1 группе – города.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 0,25 Гкал /кв.м.

Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 100 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 1,88 раза.

Лидеры: Нижнекамский район, Казань и Набережные Челны.

Отстающие: Елабужский, Чистопольский и Азнакаевский районы.

Удельное потребление тепловой энергии во 2 группе – смешанные населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 0,26 Гкал /кв.м. Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 100 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 1,74 раза.

Лидеры: Лаишевский, Агрызский, Менделеевский районы.

Отстающие: Мамадышский, Сабинский, Ютазинский, Балтасинский районы.

Удельное потребление тепловой энергии в 3 группе – сельские населенные пункты.

Среднее значение показателя 2014 года составляет 0,23 Гкал /кв.м.

Изменение с аналогичным показателем 2013 года – 92 %.

Разница между максимальным и минимальным значениями 2014 года составила 1,09 раза.

Лидеры: Актанышский, Тукаевский районы.

Отстающие: Верхнеуслонский и Высокогорский районы.

В таблицах представлен итоговый рейтинг муниципальных образований (в разрезе групп) с учетом удельного потребления четырех ресурсов и использования приборов учета данных ресурсов в МКД.

В первой группе – города лидерами являются (таблица 2):

Заинский район, г. Набережные Челны и Бавлинский район, отстающими – Нурлатский район, г. Казань, Зеленодольский район.

Таблица 2.

Общий рейтинг МО по показателям энергоэффективности, 1 группа – города

№	МО	Ранг по потр. ТЭ	Ранг по потр. ГВС	Ранг по потр. ХВС	Ранг по потр. ЭО	Ранг по исп. ПУ	Средний ранг
1	Заинский	5	2	1	3	7	3,6
2	Набережные Челны	3	10	4	10	1	5,6
3	Бавлинский	10	5	9	2	5	6,2
4-5	Буинский	7	13	2	8	3	6,6
4-5	Нижнекамский	1	9	5	7	11	6,6
6-7	Лениногорский	10	7	13	4	2	7,2
6-7	Азнакаевский	14	8	7	1	6	7,2
	Среднее знач.						7,4
8	Чистопольский	13	1	8	5	10	7,4
9-10	Бугульминский	8	6	11	6	8	7,8
9-10	Альметьевский	10	3	10	12	4	7,8
11	Елабужский	12	4	3	11	13	8,6
12	Нурлатский	5	–	6	14	12	9,3
13	Казань	2	12	14	13	9	10,0
14	Зеленодольский	5	11	12	9	14	10,2

Во второй группе – смешанные населенные пункты лидеры – Менделеевский, Сармановский, Ютазинский районы, отстающие – Спасский, Алексеевский, Мензелинский, Апастовский районы (таблица 3).

Таблица 3.

Общий рейтинг МО по показателям энергоэффективности, 2 группа – смешанные н.п.

№	МО	Ранг по потр. ТЭ	Ранг по потр. ГВС	Ранг по потр. ХВС	Ранг по потр. ЭО	Ранг по исп. ПУ	Средний ранг
1	Менделеевский	3	1	2	1	4	2,2
2	Сармановский	4	2	5	2	6,5	3,9
3	Ютазинский	11	3	9	3	1	5,4
4	Лаишевский	1	4	12	18	2	7,4
5	Тетюшский	9	–	10	5	6,5	7,6

6	Арский	–	–	3	7	13	7,7
7	Рыбно-Слободский	7,5	–	7	6	12	8,1
8-10	Кукморский	5	–	4	12	14	8,8
8-10	Балтасинский	13	–	1	16	5	8,8
8-10	Сабинский	11	–	6	10	8	8,8
	Среднее знач.						9,1
11	Агрызский	2	5	18	4	17	9,2
12	Аксубаевский	-	–	17	8	3	9,3
13-14	Мамадышский	11	–	8	9	11	9,8
13-14	Камско-Устинский	6	–	11	13	9	9,8
15	Спасский	7,5	–	13	14	18	13,1
16	Алексеевский	–	–	15	15	10	13,3
17	Мензелинский	–	–	16	11	15	14,0
18	Апастовский	–	–	14	17	16	15,7

В третьей группе, сельские населенные пункты, лидеры – это Актанышский, Муслюмовский, Тукаевский районы, отстающие – Высокогорский, Кайбицкий, Пестречинский районы (таблица 4).

Таблица 4.

Общий рейтинг МО по показателям энергоэффективности, 3 группа – сельские н.п.

№	МО	Ранг по потр. ТЭ	Ранг по потр. ГВС	Ранг по потр. ХВС	Ранг по потр. ЭО	Ранг по исп. ПУ	Средний ранг
1	Актанышский	1,5	2	4	6	3	3,3
2	Муслюмовский	–	–	6	8	2	5,3
3	Тукаевский	1,5	1	3	10	12	5,5
4	Атнинский	–	–	1	11	6	6,0
5	Верхнеуслонский	3,5	3	7	13	4	6,1
6	Тюлячинский	–	–	10	1	7,5	6,2
7	Алькеевский	–	–	13	5	1	6,3
	Среднее значение						6,4
8	Дрожжановский	–	–	5	2	13	6,7
9	Новошешминский	–	–	9	4	7,5	6,8
10	Черемшанский	–	–	8	3	10,5	7,2
11	Высокогорский	3,5	–	12	7	9	7,9
12	Кайбицкий	–	–	2	12	10,5	8,2
13	Пестречинский	–	–	11	9	5	9,3

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Ахметов М.Г.,
заместитель премьер-министра Республики Татарстан –
министр сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, г. Казань

ENERGY CONSERVATION IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Akhmetov M.G.,
Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan, Kazan

Аннотация

Агропромышленный комплекс Республики Татарстан является одним из крупных потребителей энергоресурсов.

Валовая продукция агропромышленного комплекса Республики Татарстан в 2014 году составила 188,8 млрд рублей, при этом потребление условного топлива в год – 400 тыс. тн., в том числе 160 тыс. тн. дизтоплива, 490 млн кВт/час электроэнергии и других энергоресурсов на сумму около 7 млрд рублей.

В 2014 году собрано 3,4 млн тн. зерна, 1,4 млн тн. сахарной свеклы, 1,3 млн тн. картофеля и другой продукции растениеводства. Произведено 1,7 млн тн. молока, 465 тыс. тн. мяса.

При этом темпы роста цен на энергоносители в последние годы значительно опережают рост цен на сельхозпродукцию. Поэтому вопросам рационального использования ГСМ и электроэнергии, введения жесткого режима их экономии уделяется особое внимание, проводится целенаправленная работа по внедрению энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Проводимая министерством работа по внедрению энергоресурсосберегающих технологий на основе минимальной и нулевой обработки, внедрение прогрессивных технологий и оборудования в растениеводстве, животноводстве и по другим направлениям энергоресурсосбережения позволило за 2014 год по всем отраслям сельхозпроизводства получить годовой экономический эффект в сумме около 6 млрд рублей.

На долгосрочный период принята Республиканская программа «Энергосбережение и повышение энергоресурсоэффективности в АПК РТ на 2011–2015 годы и на перспективу до 2020 года».

Annotation

Agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan is one of the largest energy consum-ers.

The gross output of agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan in 2014 amounted to 188.8 billion rubles, while the consumption of standard fuel per year - 400 thousand tons, Including 160 thousand tons of diesel oil, 490 million kW / h of electricity and other energy resources amounting to about $ 7 billion rubles.

3.4 million tons of grain, 1.4 million tons of sugar beets, 1.3 million tons of potatoes and other crop production were collected in 2014. 1.7 million tons of milk, 465 thousand tons of meat was produced.

The growth rate of energy prices in recent years has been, far ahead of the rise in prices for agricultural products. The rational use of fuel and energy consumption and to the introducing a strict regime of economy. So that there is a special attention, focusing efforts is being carried out on the implementation of energy-saving technologies.

Conducted by the Ministry of work on the implementation energy-saving technologies based on the minimum and zero tillage, the introduction of advanced technology and equipment in the agricultural, livestock and other areas of energy saving allowed for 2014 in all branches of agri-culture to receive an annual economic impact of about $ 6 billion rubles.

Long-term program adopted by the Republican «Energy saving and improving energy and resource efficiency in the agricultural sector of the RT for 2011-2015 and until 2020».

Энергетика

В результате внедрения энергосберегающих мероприятий за последние 10 лет потребление электроэнергии снизилось на 28 %, дизтоплива на 39 %, энергоемкость производства продолжает снижаться и составляет 5,0 кг на 1000 руб. валовой продукции сельского хозяйства.

При общем значительном сокращении потребления электроэнергии в целом по АПК РТ в последние 10 лет, в результате налаживания раздельного учета и рационального потребления многие районы и хозяйства существенно сократили расход электроэнергии.

Стратегия по рациональному использованию энергоресурсов в сельском хозяйстве продолжается.

Внедрение энергоресурсосберегающих технологий

В рамках продолжения принятого курса по внедрению энергоресурсосберегающих технологий за последние 10 лет сельхозтоваропроизводителями было приобретено 2250 новых почвообрабатывающих агрегатов (дискаторов и комбинированных стерневых культиваторов), что позволило в 2014 году обработать 1530 тыс. га, то есть на 84 % площадей стабильно проводится поверхностная обработка и углубление поверхностного слоя без оборота пласта.

Приобретение 585 широкозахватных посевных комплексов позволило хозяйствам республики засеять по минимальным энергоресурсосберегающим технологиям в 2014 году на 1141 тыс. га, или на 68 %, площадей зерновых культур.

В конечном итоге переход на энергосберегающие технологии, планомерное техническое переоснащение современной техникой, эффективное использование современных энергонасыщенных тракторов в комплексе с широкозахватными комбинированными сельскохозяйственными машинами позволили в последние годы значительно сократить удельный расход дизельного топлива в АПК Республики Татарстан с 92 до 52 кг на га пашни.

Повышение экономической эффективности производства и показатели энергосбережения достигнуты на основе улучшения обеспеченности сельхозтоваропроизводителей техникой.

Уровень энергообеспеченности на 100 га посевов по РТ – 159 л.с. (по РФ – 163 л.с.), но это в 3–4 раза меньше оснащенности фермеров Европы (304 л.с.) и США (603 л.с.). Для выполнения всех технологических процессов в установленные агротехнические сроки требуется увеличить энергообеспеченность до 200 л.с. на 100 га посевов, что даст возможность:

- продолжить внедрение в сельскохозяйственное производство энергоресурсосберегающих технологий на основе многофункциональных широкозахватных почвообрабатывающих и посевных агрегатов, выполняющих за один проход 5–6 операций, позволяющих экономить горюче-смазочные материалы, снизить прямые затраты в 2 и более раз, увеличить производительность в 2–3 раза;
- проводить яровой сев в течение 10–12 дней;
- завершать уборку урожая в течение 25–30 дней;
- сократить совокупные затраты на з/части и ремонт сельскохозяйственной техники на 10–15 %;
- сократить затраты труда за счет внедрения более энергонасыщенной с/х техники, высвободить механизаторов в 2–3 раза и повысить заработную плату механизаторам в 2 раза.

Механизация животноводства

Энергоресурсосбережение в животноводстве невозможно без внедрения новых прогрессивных технологий на основе современного оборудования как отечественного, так и зарубежного производства.

С 2003 года при активной государственной поддержке в виде лизинга, «Программы 100» и схемы «50х50» и «40х60» приобретено и эксплуатируются:

- свыше 850 линейных доильных установок с молокопроводом;

- 80 доильных залов;
- 17 роботов-дояров;
- более 1300 танков-охладителей молока закрытого типа;
- около 520 мобильных смесителей-кормораздатчиков.

Уход от традиционных технологий позволил значительно уменьшить трудоемкость, высвободить 7,5 тыс. операторов машинного доения и скотников, что особенно немаловажно при нехватке рабочих рук на селе, 85 % молока сдавать высшим и первым сортом, сэкономить 20–25 % кормов.

Внедрение современного оборудования позволило в настоящее время 74 % поголовья коров доить на современном оборудовании, 85 % молока охлаждать в высокотехнологичных танках-охладителях закрытого типа, 60 % КРС получать сбалансированные корма через мобильные смесители-кормораздатчики.

Внедрение новых технологий на основе современного высокотехнологичного оборудования для механизации трудоемких процессов в животноводстве дало экономическую эффективность около 2,7 миллиарда рублей.

Энергоресурсосберегающие технологии в животноводстве

В республике в последние годы интенсивно внедряются новейшие технологии в производство животноводческой продукции.

Мероприятия по ресурсосбережению в животноводстве направлены в первую очередь на внедрение новых прогрессивных технологий, а также на повышение уровня кормления, улучшение условий содержания животных и сохранения, повышение качества продукции.

Только с начала реализации приоритетного аграрного проекта в модернизацию животноводческой отрасли вложено порядка 84,0 млрд рублей.

В 2006–2014 годах в республике построено и реконструировано около 270 животноводческих объектов, введено свыше 180 тыс. скотомест.

Система сберегающего земледелия

Важнейшей задачей сельского хозяйства является обеспечение населения продовольствием, а перерабатывающей промышленности необходимым сельскохозяйственным сырьем.

Решение этой задачи связано с дальнейшей интенсификацией отрасли, использованием последних достижений научно-технического прогресса, активным использованием логистических схем, совершенствованием экономических отношений.

Система сберегающего земледелия – это долгосрочная стратегия менеджмента каждого хозяйства, которая предлагает возможность повышения эффективности производства при одновременном снижении затрат и минимизации ущерба, наносимого окружающей среде посредством применения ресурсосберегающих технологий и точного земледелия.

В системе сберегающего земледелия снижение затрат обеспечивается внедрением элементов точного земледелия с помощью специальной аппаратуры, что позволяет сократить затраты за счёт параллельного вождения и минимизации перекрытий: экономии химикатов, топлива, времени, исключения пропусков; расширения временных возможностей за счёт работы ночью и при плохой видимости.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Гашо Е.Г.,
Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, г. Москва

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY AND REGIONAL DEVELOPMENT

Gasho E.G.,
Russian Government Analytical Centre, Moscow

Аннотация

Проявившиеся в последнее время серьезные затруднения в реализации элементов политики энергосбережения и энергетической эффективности требуют пристального анализа выбранных пять лет назад приоритетов государственной политики в этом направлении, комплекса предложенных механизмов, критериев и методик оценки энергоэффективности в разных секторах экономической деятельности.

Для адекватной оценки необходима система с набором показателей, соразмерных сложности оцениваемых объектов и структур (предприятие, город, регион, экономика страны), и использования привычных экономических инструментов (типа показателя энергоемкости валового продукта) явно недостаточно. Опираться только на энергоемкость ВВП и ВРП при сравнении эффективности энергоиспользования в экономиках разных стран или, соответственно, регионов недостаточно по целому ряду причин, как субъективных, так и объективных.

Annotation

In recent times serious difficulties in the implementation of the policy of energy saving and energy efficiency require careful analysis selected five years ago, the priorities of the state policy in this direction, the proposed complex mechanisms, criteria and techniques of assessment of energy efficiency in different sectors of economic activity.

Громадное разнообразие региональных условий и особенностей, методический разнобой в определении энергоемкости и энергопотребления городами и промышленными узлами, развитые теплофикационные системы, широкое использование вторичных энергоресурсов предприятий для теплоснабжения городов – все эти факторы делают актуальной отработку комплекса различных показателей и критериев для выработки управленческих решений.

Субъективная группа: недостаток или существенные искажения исходных данных, существенные различия в методиках расчета вторичных энергетических потоков и балансов. Это не поправить быстро, следует поэтапно накапливать и верифицировать данные, используя все возможные источники: результаты энергетических обследований, показания приборов учета, автоматизированные базы данных энергопотребления. Даже самые предварительные проверки топливно-энергетических балансов стран и регионов показывают полную методическую неразбериху в определении топливных эквивалентов потребляемой электроэнергии, «несходимость» величин топливопотребления автотранспортом, сложности с полным учетом потребляемого количества тепловой энергии.

Таким образом, в дроби, которую представляет собой энергоемкость ВВП (ВРП), числитель (потребляемые энергоресурсы) зачастую подсчитан некорректно. Значит, нельзя использовать для серьезного анализа и всю дробь. Да и «знаменатель», т.е. рассчитанный валовой продукт, тоже подвержен определенным искажениям как чисто фискального плана (регистрацией ряда энергоемких предприятий далеко за пределами регионов, в которых потребляются энергоресурсы), так и нюансами неформальной и «серой» экономики.

Объективные факторы связаны с тем, что весьма сильно разнится структура потребления энергии, то есть технологическая энергоемкость экономики: если для российских условий городам в среднем необходима единица электроэнергии в сочетании с двумя-тремя

единицами тепла (климат!), для большинства западных стран это соотношение полностью обратное: две-три единицы электроэнергии к одной единице тепла.

Это влечет за собой соответствующий набор энергоисточников и структуру мощностей, графики потребления и взаимообусловленность энергоносителей. Кроме того, не будем забывать, что именно электроэнергия – наиболее «ценный» энергоресурс и именно электровооруженность является основой экономического развития в современном мире. И электроэнергии мы потребляем значительно меньше других стран (особенно в быту, кстати говоря).

Регионы с высокой энергонасыщенностью располагают развитой энергетической инфраструктурой, которая при изменении ситуации может быть переориентирована на новые производства. Для регионов с более высоким потреблением свыше 8 т у.т./чел. удельная энергоемкость ВРП недопустимо высока – за счет энергоемких переделов с небольшой прибавочной стоимостью (возможно регистрации ряда малоэнергоемких и прибыльных производств за пределами региона).

В целом ситуация по стране крайне разнообразная. А ведь помимо этих двух параметров сравнения регионов, существует еще целый ряд важнейших характеристик и особенностей, влияющих на концепцию региональной политики в сфере энергосбережения. Ряд аналитиков аргументируют необходимость существенного роста энерговооруженности и, соответственно, энергопотребления страны с нынешних 6,5 до 9–11 тут на человека.

Большинству регионов в текущих условиях при существующих стратегиях развития и принимаемых тактических мерах достичь 40% снижения энергоемкости ВРП к 2020 году крайне затруднительно. Энергоемкость ВРП – это отношение совокупных затрат энергии региона к валовому региональному продукту. Можно сокращать числитель – количество энергоресурсов, и, как видно из диаграммы, такая стратегия приемлема далеко не везде. Сокращение энергопотребления на 40 % – крайне болезненная для экономики мера. А вот рост знаменателя – за счет малоэнергоемких производств (сферы услуг), общего оздоровления экономики, новых энергоэффективных производств – вариант гораздо более эффективный.

Таким образом, сочетание трех основных возможностей снижения энергоемкости ВРП (сокращение потерь и непроизводительных расходов ТЭР в различных секторах экономики региона; рост экономики региона за счет производств с низкой энергоёмкостью, сферы услуг, малого бизнеса, туризма и др.; освоение новой энергоэффективной техники и активное развитие возобновляемых источников энергии в регионе) в каждом регионе является индивидуальным. Отличительной характеристикой региона является наличие и роль промышленного комплекса с его ведущими энерготехнологическими процессами и технологиями.

Отсюда вырисовываются базовые направления энергоразвития территории. Для первой группы – это элементарный рост энерговооруженности, вторая может сочетать этот рост с повышением эффективности, для третьей группы необходима срочная модернизация энергоемкого технологического комплекса. Несмотря на то, что регионы стремятся к зоне энергоэффективности с низкой энергоемкостью ВРП, направления (и наполнение) стратегий энергоэффективного развития существенно различны. Движение региона по заданному направлению (вектору) осуществляется на основе выбора мер из различных сформированных сценариев (табл. 1).

Всего четверть регионов смогли в своих программах энергосбережения свести топливно-энергетический баланс (и это несмотря на то, что территориальные органы статистики уже несколько лет занимаются формированием таких балансов), определить резервы и потенциалы энергосбережения. Отдельным вопросом остается неготовность регионов к самостоятельному формированию эффективной промышленной политики. Адекватный раздел «Энергосбережение в промышленности» имеют еще меньшее число регионов – не более 20 %. Вместе с тем абсолютно очевидно, что без участия промышленности планируемое снижение энергоемкости недостижимо.

Таблица 1.

Оценка влияния макросценариев на показатель энергоемкости ВРП

Общие меры (сценарии)	Энергопотребление	ВРП региона	Предпосылки применения
Модернизация энергоемких переделов металлургии, нефтехимии, химической промышленности	Существенное сокращение числителя	–	Обеспечение сбыта новой продукции, окупающего затраты на модернизацию
Сокращение потерь и непроизводительных расходов ТЭР в различных секторах экономики региона	Незначительное сокращение числителя	–	Окупаемость устройств утилизации потерь в пределах 3–5 лет (выбор окупаемых участков)
Рост экономики региона за счет производств с низкой энергоёмкостью, сферы услуг, малого бизнеса, туризма	Незначительный рост числителя	Значительный рост знаменателя (ВРП)	Возможность привлечения инвестиций на развитие малого бизнеса[1]
Освоение новой энергоэффективной техники (освещение, бытовая техника)	Незначительный рост числителя	Значительный рост знаменателя (ВРП)	Маркировка техники, работа с потребителями, льготные кредиты
Активное развитие возобновляемых (местных) источников энергии	Снижение числителя (потребления органического топлива)	Рост знаменателя	Потенциал местных ВИЭ, экономическое стимулирование, дополнительные нормативные акты
Повышение транспортной мобильности населения на эффективном транспорте и развитие удаленных поселений	Незначительный рост числителя	Значительный рост знаменателя (ВРП)	Принятие региональных программ содействия развитию энергоэффективного транспорта
Наведение порядка со статистическим учетом потребляемых в регионе ТЭР и полным учетом их доли в региональном ВРП	Возможно значительное сокращение числителя	Возможен значительный рост знаменателя (ВРП)	Необходимые меры по сведению ТЭБ региона и оптимизации статистических работ

[1] В ряде случаев помимо инвестиций необходимым условием является возможность подключения новых производств к инженерным сетям, наличие свободных мощностей.

Заключение

Планы новой индустриализации, масштабный рост жилья, применение новых технологий, развитие практически всех видов транспорта требует кратного роста энергопотребления на новых принципах генерации, передачи энергоресурсов всех видов, их потребления во всех секторах экономики. Ключевыми критериями перехода к новому укладу, применения прогрессивных схемных и технологических решений являются сквозная энергоемкость, безотходность, снижение экологического воздействия.

Для успешной реализации региональных программ и политики энергоэффективного развития подавляющему большинству регионов необходим весьма существенный рост энергопотребления, новых энергомощностей, модернизация инфраструктуры. Переход к стратегии снижения энергоемкости ВРП на уровне региона возможен в случае достижения определенных значений удельного энергопотребления не менее 5–7 т ут/чел. (определяющихся климатическими параметрами и размерами территории), а реализация стратегий новой индустриализации потребует энерговооруженность в два раза больше.

Кроме «экономической энергоемкости», для оценки энергетической эффективности необходимо ввести в обиход показатели полной энергоемкости промышленной продукции, энергоемкости сложных технических систем (электро-, тепло-, водоснабжения), затем син-

хронизировать эти показатели со статистическими формами, справочниками наилучших доступных технологий, поэтапно закрепить в ГОСТах и техрегламентах.

Для разработки адекватных планов и программ энергосбережения не хватает базы данных с типовыми решениями технически проработанных энергосберегающих технологий и энергоэффективного оборудования для применения на местах. Остро необходимы типовые методики и разъяснения, тиражирование успешного опыта, набор «мануалов» по выбору и применению наилучших доступных технологий.

Восточный вектор развития страны задает серьезные граничные условия по формированию новых газохимических, углехимических комплексов, развитию сопутствующих производств с высокой энергоемкостью, что безусловно влечет за собой необходимость создания гибкой энергетической инфраструктуры. Важно, чтобы эта сеть была сбалансирована с новым архипелагом ядер надежного энергоснабжения удаленных и труднодоступных поселений.

Литература

1. Особенности реализации политики энергосбережения в регионах. Аналитический сборник. // Под ред. Гашо Е.Г. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2012.
2. Антонов Н., Лукина Е., Татевосова Л. Динамика электропотребления и макроэкономических показателей России как фундамент для прогнозирования.// Энергорынок. 2013. № 7.
3. Гашо Е.Г. Повышение энергоэффективности: региональный аспект.// Журнал Российского энергетического агентства. 2014. № 2.
4. Гашо Е.Г., Степанова М.В. Системный резерв.// Эксперт. 2014. № 10.
5. Энергосбережение в зеркале промышленной политики. Аналитический сборник. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2014.

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ ПРОЕКТЫ НАБИРАЮТ ОБОРОТЫ

Ливинский А.П.,
ООО «ГПБ-Энергоэффект», г. Москва

ENERGY SERVICE PROJECTS TO GEAR

Livinskiy A.P.,
LLC «GPB- Energoeffect», Moscow

Классический энергосервис более всего распространен в проектах по модернизации городского освещения. На практике же применяются смешанные формы договоров, происходит это, в первую очередь, из-за жестких законодательных рамок, которые определяют формальные требования к энергосервисным контрактам. Поэтому серьезные энергосервисные компании (ЭСКО) находятся в постоянном поиске новых проектных решений.

Одним из таких решений стал проект модернизации теплоснабжения в городе Домодедово. Его специфика заключалась не только в том, что заказчики принципиально не принимали иностранных предложений, но также искали решение, которое бы позволило им не сократить расходы теплопотребления, а, наоборот, увеличить мощности для модернизируемых районов города, так как в Домодедово сейчас реализуется кампания по сносу ветхого жилого фонда.

Поиски инвестора для реализации этого проекта продолжались около полутора лет. За это время заказчику поступило огромное количество предложений, в том числе и из-за рубежа, но выбор остановился на крупной отечественной энергосервисной компании, поскольку ГПБ-ЭЭ предложил оптимальные условия.

Осуществление проекта было предложено под ключ, оборудование произведено в России, а его цена зафиксирована в рублях. За 15 лет с начала старта энергосервисного проекта общий экономический эффект от его реализации, остающийся в распоряжении города после всех выплат инвестору, превысит один миллиард рублей. Сейчас техническая модернизация котельных Домодедово находится в завершающей стадии, официальное открытие запланировано на май этого года. Суммарная тепловая мощность котельных увеличена с 41 Гкал/ч до 105 Гкал/ч.

Здесь важно отметить, что столь быстрое и успешное осуществление проекта было бы невозможным без отлаженного и прозрачного сотрудничества заказчика – администрации города Домодедово – и энергосервисной компании. Заказчик имел четкие требования к проекту и понимал специфику осуществления энергосервисных контрактов, а инвестор, со своей стороны, обладал нужными компетенциями и опытом в финансировании, инжиниринге и юридическом оформлении подобного рода проектов.

Подобного рода проекты – это первые ласточки на рынке проектов муниципальной энергетики. Еще одним крупным энергосервисным контрактом компании стал проект по модернизации теплоснабжения в Нижнем Новгороде, самый крупный в российском теплоснабжении. Его общая стоимость составляет более 2 млрд рублей. Суть проекта состояла в том, чтобы одновременно модернизировать 16 котельных. Проект был выполнен в 2013 году, сейчас он перешел из инвестиционной фазы в операционную. Все работы закончены, экономия заказчика, которую он получает за счет снижения расходов на газ, электроэнергию, текущие ремонты и за счет которой выплачивает деньги инвестору, уже фиксируется.

Мы гордимся опытом, накопленным в сфере муниципальной энергетики, однако пока у нас нет типовой схемы финансирования подобного рода проектов, так как каждый муниципалитет и регион индивидуальны. Схемы теплоснабжения, которые были разработаны для облегчения задач частных инвесторов, часто оказываются просто «отмашками» на очередное распоряжение из центра. Соответственно, подготовка каждого проекта занимает достаточно длительное время и требует очень высоких компетенций со стороны ЭСКО. Но, несмотря на то, что мы сейчас находимся в лидерах рынка российского энергосервиса, компания не стоит на месте, а находится в постоянном «творческом поиске», индивидуально подходя к каждому контракту. Сейчас в проработке находится около 20 проектов в области муниципальной энергетики, и их количество постоянно возрастает.

Высокая востребованность на рынке связана со стратегией индивидуального подхода к проектным идеям, которая дает преимущество перед другими компаниями.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Мартынов Е.В.,
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань

THE STUDY OF TECHNICAL MEANS ENERGY ACCOUNTING IN PUBLIC INSTITUTIONS

Martynov E.V.,
Center of energy saving technologies of the Republic of Tatarstan at the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan, Kazan

В период 2008–2010 гг. в Республике Татарстан была реализована Программа метрологического обеспечения приборов учета потребления тепловой энергии, воды и природного газа в государственных учреждениях Республики Татарстан до 2010 г. (далее – Программа), утвержденная Постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 07.11.2008 № 779. Разработчиками и соисполнителями Программы выступили Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан и ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан» (далее – Центр) под научно-методическим руководством Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование). Предусмотренный Программой план мероприятий был выполнен. В ходе реализации Программы подготовлен пакет предложений по дальнейшему совершенствованию системы метрологического обеспечения учета энергоресурсов в государственных учреждениях республики, основой которых являлось создание метрологической службы органов исполнительной власти Республики Татарстан, что позволило бы в перспективе решить задачу обеспечения точности измерений, централизованного контроля технического состояния, своевременности и достаточности проведения мероприятий по техническому обслуживанию, ремонту и поверке приборов учета энергоресурсов. Однако воплотить задуманное не удалось в связи с несовершенством действующей нормативной правовой базы: создание метрологических служб органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации Федеральным законом от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» не предусмотрено.

После завершения Программы парк приборов учета энергоресурсов в республике значительно увеличился, в связи с чем задача повышения эффективности использования бюджетных средств, выделяемых на оплату потребления энергоресурсов государственным и муниципальным учреждениям, не теряет актуальности.

В ходе аудита эффективности расходования бюджетных средств при использовании энергоресурсов бюджетными учреждениями, проведенного Счетной палатой Республики Татарстан в период 2009–2012 гг., выявлены факты неэффективного использования бюджетных средств, направленных на оплату потребленных энергоресурсов: установленные приборы учета энергоресурсов неисправны либо своевременно не прошли государственную поверку, в связи с чем расчет с энергоснабжающей организацией за потребленные энергоресурсы осуществляется не с надлежащей точностью или по нормативным нагрузкам.

В рамках реализации мероприятий Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности Центром в 2013–2014 гг. проведены исследования состояния технических средств учета энергоресурсов в государственных учреждениях, по результатам которых разработан реестр приборов учета энергоресурсов на основании сведений государственных учреждений Республики Татарстан. Анализ данных, содержащихся в разработанном реестре, позволил структурировать приборы учета энергоресурсов по видам энергоресурсов и фирмам-производителям.

В таблице 1 и на рис. 1 представлены сведения о применяемых в государственных учреждениях Республики Татарстан приборах учета тепловой энергии.

Таблица 1.

Номенклатура приборов учета тепловой энергии

Производитель	Марка ПУ	Кол-во	%
Теплоком	ВКТ, ТСК, ПРЭМ	221	34,9
Взлет	Взлет	141	22,2
ТЭМ-Прибор	ТЭМ	96	15,1
Логика	СПТ-941	26	4,1
ТБН-Энергосервис	КМ-5	25	3,9
Промсервис	Прамер, ВЭПС	22	3,5
Уралтехнология	Эльф, Карат	15	2,4
ЭСКО ЭЭ	ЭСКО	14	2,2
АСВЕГА-М	SA-94/2	10	1,6
Тепловодомер	ВТЭ, ВСТ, ВСТН, СТЗ, СТ	10	1,6
ДИНФО	СТД, ВТД-В	6	0,9
HLS-Саяны	КС, КСТ-В	6	0,9
Магика	Магика	5	0,8
Термотроник	ТВ-7	5	0,8
Ителма-Ресурс	ТС-8	5	0,8
НЕМТЕХ	DIO-99	4	0,6
Гамми	ВР-97ТС	4	0,6
Маяк	ИМ 2300Т	4	0,6
KAMSTRAP A/S	Мультикал	4	0,6
Техно-Терм	Те РОССТМ	3	0,5
ZENNER	Multidata	3	0,5
Эталон ТКС	МЦВТ-Эталон	2	0,3
Мир	Сириус-Т	2	0,3
АНТАП	Supercal	1	0,2
Итого:		634	100

В государственных учреждениях Республики Татарстан используются приборы учета тепловой энергии 24 фирм-производителей. При этом 14 из них имеют долю менее 1 % в общем количестве приборов. Доля лидеров («Теплоком», «Взлет» и «ТЭМ-Прибор») совместно составляет 72,2 %.

Большая номенклатура приборов учета тепловой энергии осложняет ведение единой технической политики в части метрологического обеспечения учета тепловой энергии.

В таблице 2 и на рис. 2 представлены сведения о применяемых в государственных учреждениях Республики Татарстан приборах учета природного газа.

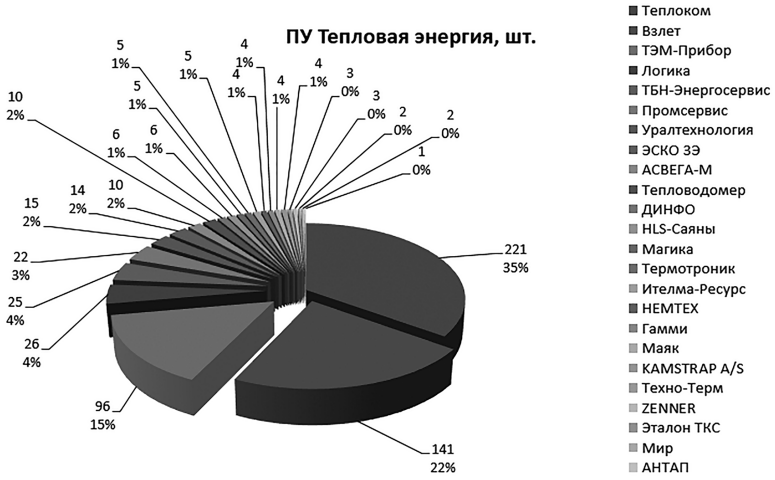


Рис. 1. Номенклатура приборов учета тепловой энергии

Таблица 2.

Номенклатура приборов учета природного газа

Производитель	Марка ПУ	Кол-во	%
Эльстер-Газэлектроника	ВК-G, Г-1000, RVG	267	43,4%
Точмаш	СГК	122	19,8%
ММЗ	СГД и СГМН	71	11,5%
Промприбор	РГ	33	5,4%
СигналПрибор	СГБ G-4-1	32	5,2%
ЯПСЗ	РЛ	23	3,7%
Газдевайс	NPM-4G	16	2,6%
Actaris	GALLUS	15	2,4%
MAGNOL	MAGNOL	11	1,8%
Metrix	Metrix, Гелиос	10	1,6%
Premagaz	МКМ	9	1,5%
АПСЗ	СГ	6	1,0%
Итого:		615	100%

Как видно из таблицы 2 и рис. 2, номенклатура приборов учета природного газа в государственных учреждениях Республики Татарстан практически вдвое меньше, чем приборов учета тепла. Доля лидеров («Эльстер-Газэлектроника», «Точмаш» и «ММЗ») совместно составляет 74,8 %.

В таблице 3 и на рис. 3 представлены сведения о применяемых в государственных учреждениях Республики Татарстан приборах учета холодной воды.

В государственных учреждениях республики используются приборы учета холодной воды 18 фирм-производителей. Наибольший объем приборов у пяти производителей («Водоприбор», «Бетар», «Тепловодомер», «Взлет» и «ПК Прибор»), чья совокупная доля составляет 82,2 %.

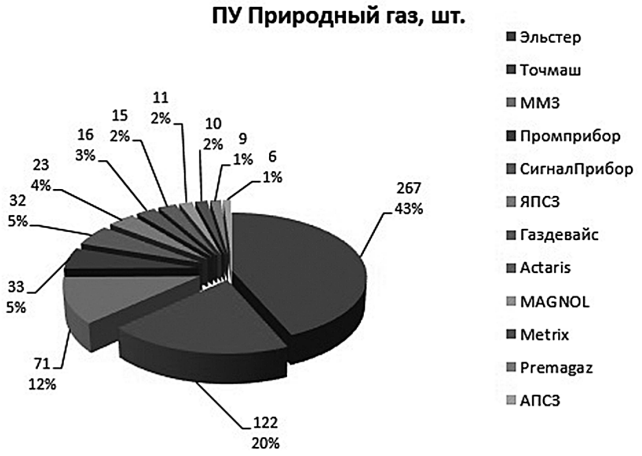


Рис. 2. Номенклатура приборов учета природного газа

Таблица 3.

Номенклатура приборов учета холодной воды

Производитель	Марка ПУ	Кол-во	%
Водоприбор	СКБ, ВМХ, ВМГ, ОСВИ, ОСВ, ОСВХ	101	24,0
Бетар	СВМ	96	22,8
Тепловодомер	ВСХН, ВСХ	53	12,6
Взлет	Взлет	50	11,9
ПК Прибор	ВСКМ	46	10,9
Спецтехприбор	ВДГ, ВДХ	25	5,9
МЕТЕР	ВК	15	3,6
Wehrle	МТК, МТВ	9	2,1
Точмаш	СКВ	8	1,9
Геррида	СВК	5	1,2
Теплоком	ПРЭМ	2	0,5
Sensus	Sensus	2	0,5
ZENNER	ZENNER	2	0,5
Промсервис	Прамер	2	0,5
АПСЗ	РСТ	2	0,5
Minol	Minol	1	0,2
ПО Прибор	СТВ	1	0,2
Zenner	Zenner	1	0,2
Итого:		421	100

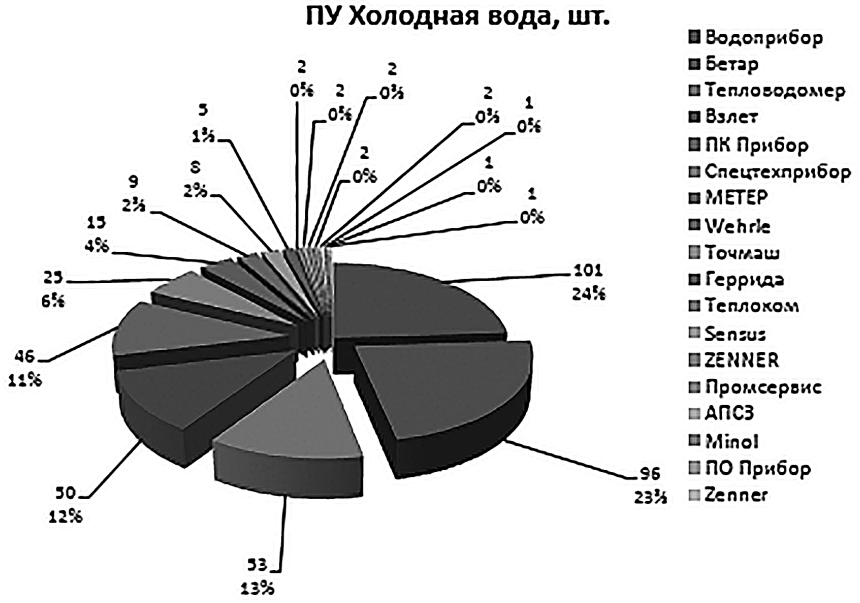


Рис. 3. Номенклатура приборов учета холодной воды

В таблице 4 и на рис. 4 представлены сведения о применяемых в государственных учреждениях Республики Татарстан приборах учета горячей воды.

Таблица 4.

Номенклатура приборов учета горячей воды

Производитель	Марка ПУ	Кол-во	%
Взлет	Взлет	23	35,9
Тепловодомер	ВСТН, ВСТ,ВСГ	9	14,1
Бетар	СВМ	9	14,1
Точмаш	СКВ	6	9,4
ПК Прибор	ВСКМ,ОСВУ	5	7,8
Водоприбор	СКБ, ВМГ	4	6,3
Wehrle	МТК, МТВ	3	4,7
МЕТЕР	ВК	2	3,1
Теплоком	ПРЭМ	2	3,1
Промсервис	Прамер	1	1,6
Итого:		64	100

Около 80 % всех приборов учета холодной и горячей воды – это приборы фирм «Водоприбор», «Бетар», «Тепловодомер», «Взлет» и «ПК Прибор». С точки зрения реализации единой технической политики в государственных учреждениях в части метрологического обеспечения учета холодной и горячей воды – это положительный факт.



Рис. 4. Номенклатура приборов учета горячей воды

Необходимо отметить, что в приведенном выше анализе приборы учета холодной и горячей воды «бытового» назначения (счетчики воды типов СГВ, СВК, СВ и др. с Ду 15, 20 мм) не учитывались, поскольку их ремонт и поверка, как правило, экономически нецелесообразны, т.к. стоимость поверки соизмерима со стоимостью новых приборов. При этом «бытовые» приборы учета холодной и горячей воды в реестр внесены.

Исследования метрологических характеристик приборов государственных учреждений Республики Татарстан проводились специалистами Центра для приборов учета тепловой энергии (теплосчетчиков). Оплата за тепловую энергию достигает более 60 % в платежах за энергетические ресурсы государственных учреждений.

Цель исследований – определение фактических метрологических характеристик средств измерений в условиях, приближенных к условиям эксплуатации на объектах.

Теплосчетчики, представленные на поверку, поверялись в два этапа. На предварительном этапе поверки теплосчетчики поверялись без предварительной подготовки, т.е. без очистки проточной части расходомеров жидкости от отложений, возникших в процессе эксплуатации, и т.п.

На последующем этапе все теплосчетчики проходили необходимую подготовку к поверке (очистку проточной части расходомеров, очистку контактных клемм термопреобразователей и др.) и тарировку и вновь поступали на поверку.

Целью данной работы было определение фактических метрологических характеристик средств измерений и накопление статистических данных о количестве приборов учета, годных и не годных к дальнейшей эксплуатации по истечении межповерочного интервала.

Специалистами Центра были произведены исследования метрологических характеристик 130 теплосчетчиков разных производителей: Взлет-ЭР («Взлет») – 99 шт., ПРЭМ («Теплоком») – 10 шт., ТЭМ-104 («ТЭМ-Прибор») – 10 шт., КМ-5 («ТБН-Энергосервис») – 3 шт., ВЭПС («Промсервис») – 6 шт., Эмир-Прамер («Промсервис») – 2 шт.

Исследования метрологических характеристик производились на специализированном оборудовании.

На поверочной установке «ВЗЛЕТ ПУ» (рис. 5) производилась поверка первичных преобразователей расхода жидкости (расходомеров, входящих в состав теплосчетчика).

На рис. 6 представлен стенд поверки термопреобразователей. В состав стенда входят термостаты жидкостные переливные прецизионные ТПП (2 шт.) с образцовыми термометрами, прецизионный измеритель температуры МИТ-8, персональный компьютер со специализированным программным обеспечением.



Рис. 5. Поверочная установка «ВЗЛЕТ ПУ»

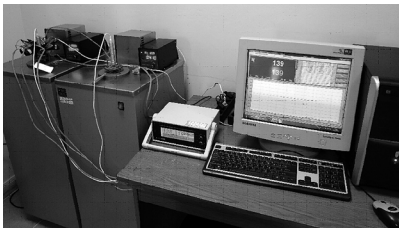


Рис. 6. Стенд поверки термопреобразователей

На рис. 7 представлено рабочее место поверки тепловычислителей. В состав рабочего места входят персональный компьютер со специализированным программным обеспечением и стенд поверки тепловычислителей «ВЗЛЕТ КПИ-032».

В таблице 5 представлены результаты исследования метрологических характеристик теплосчетчиков до и после очистки проточной части, проведения обслуживания и калибровки с внесением поправок в вычислитель теплосчетчика.

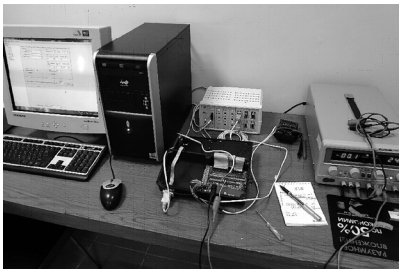


Рис. 7. Рабочее место поверки тепловычислителей

Из 130 поступивших на поверку теплосчетчиков после проведения предварительного этапа 1 поверки подтвердили паспортные метрологические характеристики лишь 28 теплосчетчиков (21,5 %). Соответственно, 102 теплосчетчика из 130 (78,5 %) по истечении межповерочного интервала поверку не прошли, т.к. значения фактической погрешности измерений превысили установленные для данных приборов допустимые значения.

После проведения предварительного этапа 1 поверки 102 теплосчетчика прошли необходимую подготовку к поверке (очистку проточной части расходомеров, очистку контактных клемм термопреобразователей и др.) и тарировку (т.е. настройку и корректировку характеристик с применением

Таблица 5.

Результаты выполнения работ по поверке теплосчетчиков

Производитель	Марка ПУ	Тип ПУ	Поступило на поверку, шт.	Прошли поверку после этапа 1, шт. шт.	Прошли поверку после этапа 2, шт.	Не прошли поверку, шт.
Взлет	Взлет-ЭР	Электромагнитный	99	28	71	0
Теплоком	ПРЭМ	Электромагнитный	10	0	10	0
ТЭМ-Прибор	ТЭМ-104	Электромагнитный	10	0	0	10
ТБН-Энергосервис	КМ-5	Электромагнитный	3	0	2	1
Промсервис	ВЭПС	Вихревой	6	0	1	5
	Эмир-Прамер	Электромагнитный	2	0	0	2
Всего:			130	28	84	18

специализированного программного обеспечения, разработанного фирмами-производителями теплосчетчиков). Указанная процедура тарировки производилась как силами специалистов нашего Центра, так и силами специалистов сервисных центров, обслуживающих теплосчетчики в г. Казани.

После завершения процедуры тарировки теплосчетчики были вновь представлены на поверку. В результате ещё 84 теплосчетчика (64,6 %) получили положительное заключение о пригодности к дальнейшей эксплуатации. Таким образом, из 130 теплосчетчиков, представленных на поверку, 28 шт. успешно прошли поверку без проведения дополнительных работ, и 84 шт. прошли поверку после тарировки (всего 112 шт., или 86,1 %).

Теплосчетчики ТЭМ-104 производства фирмы «ТЭМ-Прибор», в отличие от теплосчетчиков других производителей (например, «ВЗЛЕТ», «Теплоком», «ТБН-Энергосервис»), не обеспечены ремонтной базой на территории Республики Татарстан. В связи с этим теплосчетчики ТЭМ-104 в количестве 10 шт. были направлены в адрес фирмы «ТЭМ-Прибор» (г. Москва). Проведенная фирмой-производителем диагностика подтвердила, что процедуры тарировки недостаточно и 9 теплосчетчиков требуют ремонта, а 1 не подлежит ремонту и требует замены.

Отметим, что ремонт потребовался также теплосчетчикам производства фирм «ТБН-Энергосервис» (1 из 3) и «Промсервис» (7 из 8). Однако производителей «ТБН-Энергосервис» и «Промсервис» выгодно отличает от фирмы «ТЭМ-Прибор» наличие сервисных центров в г. Казани, осуществляющих ремонт и тарировку приборов, в связи с чем вопросы сервисного обслуживания были решены оперативно, в течение 1–2 недель. Теплосчетчики ТЭМ-104 были получены Центром от фирмы-производителя, выполнявшей ремонт, через 6 недель.

В таблице 6 представлены результаты обеспеченности сервисной поддержкой фирм-производителей приборов учета энергоресурсов, имеющих наибольшую долю в общем количестве приборов учета энергоресурсов в государственных учреждениях, на территории Республики Татарстан.

Проведенные работы показали, что из 130 теплосчетчиков, поступивших на поверку, лишь 21,5 % приборов прошли поверку с первой попытки; 78,5 % приборов имели погрешность, превышающую допустимые значения. После процедуры обслуживания и тарировки ещё 64,6 % приборов прошли поверку. Из общего количества теплосчетчиков, поступивших на поверку, доля теплосчетчиков, прошедших поверку, составила 86,1 %. Оставшиеся 13,9 % теплосчетчиков были отправлены на ремонт.

Таблица 6.

Обеспеченность приборов учета энергоресурсов сервисной поддержкой фирм-производителей

Наименование фирмы-производителя	Наличие официального сервисного центра на территории Республики Татарстан
Теплоком (34,9 % теплосчетчиков)	5 сервисных центров: 2 – в г. Казани, 1 – в г. Н. Челны, 1 – в г. Лениногорске, 1 – в г. Нижнекамске
Взлет (22,2 % теплосчетчиков, 11,9 % приборов учета холодной воды, 35,9 % приборов учета горячей воды)	8 сервисных центров: 3 – в г. Казани, 3 – в г. Н. Челны, 1 – в г. Альметьевске, 1 – в г. Заинске
ТЭМ-Прибор (15,1 % теплосчетчиков)	2 сервисных центра в г. Казани
Эльстер-Газэлектроника (43,4 % приборов учета газа)	1 сервисный центр в г. Казани
Точмаш (19,8 % приборов учета газа, 1,9 % приборов учета холодной воды, 9,4 % приборов учета горячей воды)	Нет
ММЗ (11,5 % приборов учета газа)	Нет
Водоприбор (24,0 % приборов учета холодной воды)	Нет
Бетар (22,8 % приборов учета холодной воды, 14,1 % приборов учета горячей воды)	Местный производитель (г. Чистополь). 1 сервисный центр в г. Казани
Тепловодомер (12,6 % приборов учета холодной воды, 14,1 % приборов учета горячей воды)	Официальная информация отсутствует
ПК Прибор (10,9 % приборов учета холодной воды, 7,8 % приборов учета горячей воды)	Нет

По запросу Центра статистические данные результатов поверки теплосчетчиков и расходомеров холодной и горячей воды предоставило федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Татарстан» (ФБУ «ЦСМ Татарстан»). Статистические данные ФБУ «ЦСМ Татарстан» охватывают период с 01.01.2013 по 23.10.2014, за который в учреждение на поверку поступило 3819 приборов. Согласно действующему в ФБУ «ЦСМ Татарстан» регламенту, до поверки все приборы прошли очистку проточной части от отложений. В результате 15,1 % приборов прошли поверку с первой установки на стенд, а 82,3 % приборов имели погрешность, превышающую допустимые значения. После процедуры калибровки ещё 79 % приборов прошли поверку. На оставшиеся 5,9 % от общего количества приборов были выданы извещения о непригодности к применению. Статистические данные ФБУ «ЦСМ Татарстан» сопоставимы с результатами, полученными Центром, и не противоречат друг другу.

Проведенные работы показали, что задача создания системы метрологического обеспечения учета энергоресурсов в государственных и муниципальных учреждениях Республики Татарстан остается актуальной. Создание эффективного регламента взаимодействия участников процесса учета потребления энергетических ресурсов, государственными и муниципальными учреждениями, позволит решить задачу повышения эффективности целевого использования бюджетных средств при реализации программ и проектов энергетической эффективности и энергосбережения. Точный учет потребления энергоресурсов позволит определить реальную экономию средств бюджета от внедрения энергосберегающих мероприятий и оптимизировать расходы бюджета на оплату энергетических ресурсов.

ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ SMART GRID В РАЗНЫХ СТРАНАХ МИРА

Никитина Е.В.,
ООО «Сименс», г. Москва

APPROACH OF SMART GRID IMPLEMENTATION IN DIFFERENT COUNTRIES

Nikitina E.V.,
LLC Siemens, Moscow

Аннотация

Распределительные сети являются важным звеном системы электроснабжения. Повреждения в распределительных сетях могут привести к большому количеству отключений. При этом оборудование распределительных сетей в большинстве компаний уже устарело и общая надежность функционирования сети снижена. Целью данной статьи является обзор состояния сетей в различных странах мира, выявление общих тенденций и приведение примеров решений проблем распределительных сетей с использованием технологий Smart Grid.

Annotation

Distribution grids are important for overall power supply system. Faults in distribution grids can lead to long and frequent black outs. At this point of time a lot of equipment is aged and old-fashioned and reliability of the system is low. The main target of the paper is to show state of the distribution grids in different countries, review of main tendencies and examples of solutions with usage of Smart Grid elements.

Несмотря на то, что тема Smart Grid обсуждается уже давно, общего мнения о том, что именно включается в данное понятие, так и не существует. Это связано с тем, что для разных стран характерны различные тенденции и проблемы. Например, в США в первую очередь уделяют внимание управлению спросом и интеграции конечных потребителей в функционирование сети. Поэтому первоочередной задачей является установка «умных счетчиков» и управление их данными. Для европейских стран характерно широкое использование возобновляемых источников энергии, что приводит к значительным скачкам напряжения в сети среднего напряжения и требует управления режимом. В развивающихся странах, включая Россию, актуальной проблемой является устаревающее оборудование и большие как технические, так и коммерческие потери. Именно поэтому подход к интеграции технологий под общим названием Smart Grid различен.

На примере показателей голландских сетей можно отметить, что распределительные сети являются уязвимой точкой, повреждение которой приводит к длительному отсутствию электроснабжения с отключением большого количества потребителей. Это связано с тем, что повреждение в высоковольтных сетях быстро изолируется с помощью средств автоматики, а повреждения в низковольтных сетях не приводят к отключению такого большого количества потребителей. В сетях среднего напряжения автоматика распространена не так широко, и в случае повреждения элементов распределительной сети отключается большое количество потребителей на достаточно длительный срок (а точнее, на время обнаружения и локализации места повреждения выездной бригадой).

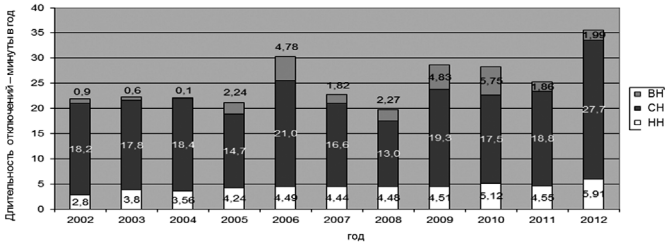


Рис. 1. Длительность отключения в распределительных сетях Голландии [1].

На наш взгляд, понятие Smart Grid можно разделить на несколько составляющих (рис. 2): топология сети, устройства РЗА, Smart metering, система связи и технологии по управлению сетью.

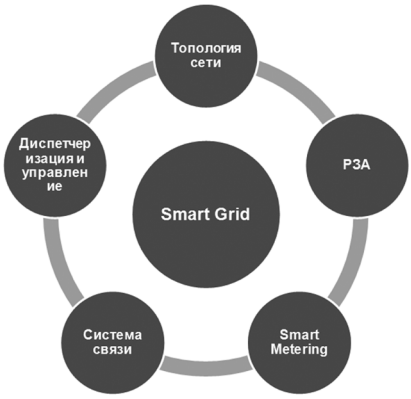


Рис. 2. Составляющие понятия Smart Grid

Рассмотрим более подробно автоматизацию распределительной сети как одно из мероприятий Smart Grid. Автоматизация может быть организована с использованием принципов централизованного, полуцентрализованного и распределенного управления. В зависимости от требований заказчика и топологии сети могут применяться различные принципы. Под централизованным управлением понимается управление из центра управления сетью с использованием систем SCADA, OMS и DMS, под полуцентрализованным управлением понимается управление, организованное на уровне питающей подстанции (полевое оборудование (локальные контроллеры) общаются с региональным контроллером, установленным на подстанции без обращения наверх в центр управления), децентрализованное управление – это управление, в котором решение принимается на уровне локальных контроллеров без обращений «наверх».

Централизованное управление требует большого количества инжиниринговых работ при установке и наладке системы, в то время как полуцентрализованное и децентрализованное требуют меньших усилий [2].

Компания «Сименс» имеет опыт реализации управления электрическими сетями с использованием разных принципов. Остановимся более подробно на полуцентрализованном принципе управления и рассмотрим в качестве примера распределительную сеть города Роттердам. Оператором распределительной сети данного города является компания Stedin.

Компания Stedin – один из крупнейших операторов распределительных сетей в Нидерландах, имеет в своем распоряжении всего 21240 понижающих подстанций и обслуживает около двух миллионов потребителей. Проблемой для компании Stedin стали, как недовольство потребителей при отключениях электроэнергии, так и высокие штрафы, выплачиваемые компанией за недоотпуск электроэнергии. В соответствии с этим основной задачей на ближайшее время стало значительное уменьшения SAIDI (среднего индекса длительности перерыва в работе системы) в сетях среднего напряжения [3].

Компанией Stedin совместно с компанией «Сименс» был реализован проект по созданию самовосстанавливающейся сети с полудецентрализованным управлением. На сегодняшний день реализовано несколько проектов самовосстанавливающихся сетей, но большая их часть была сделана на базе воздушных линий, преимущественно с использованием устройств автоматического повторного включения (АПВ). Голландские распределительные сети среднего напряжения состоят по большей части из кабельных линий, которые не могут быть

ни быстро отремонтированы в случае аварийных ситуаций, ни восстановлены в работе при помощи АПВ.

В рамках совместного проекта был усовершенствован уровень автоматизации распределительной сети путем применения устройств автоматики на трансформаторных подстанциях и питающих пунктах. Решение, основанное на использовании «локальных датчиков» на уровне трансформаторных пунктов, обеспечивает автоматическую локализацию аварии, изолирование повреждения и восстановление электрической сети. Локальный датчик выступает в качестве интерфейса для центра управления, в котором собираются данные из распределительных сетей и формируются региональные централизованные применения самовосстанавливающейся сети компании Stedin.

В наиболее важных трансформаторных подстанциях были установлены локальные контроллеры. Для организации возможности удаленного управления некоторые из них были модернизированы. Алгоритм самовосстановления содержит в себе возможности локального управления, управления на уровне питающей подстанции и управления из центра управления в зависимости от требований заказчика. В случае повреждения локальные контроллеры идентифицируют место повреждения, передают сигнал, установленные в питающей подстанции и производят переключение менее чем за минуту происходит восстановление питания большей части потребителей.

Использование решения по инновационным самовосстанавливающимся сетям Stedin значительно уменьшает значение индекса SAIDI распределительной сети. Результатом этого стало как удовлетворенность потребителей, так и значительное сокращение издержек за счет минимизации высоких договорных неустоек, которые должны быть выплачены в случае перерывов в электроснабжении.

Литература

1. Coster E.J. et al. “Self healing distribution networks using smart controllers”, proc. of CIRED, Stockholm 2013
2. Schroedel O. et al. “Distribution automation solutions- impact on system availability in distribution networks” proc. of CIRED, Frankfurt 2011
3. Coster E.J., W.C.M. Kerstens, Schroedel O., Implementation of an Automatic FLIR-scheme in a 20 kV Distribution Grid

ТЕХНОЛОГИИ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ ДЛЯ SMARTGRID

Гурьев А.В.,
ООО «Научно-производственное предприятие «ЭКРА», г. Чебоксары

TOMORROW'S TECHNOLOGY FOR SMARTGRID

Guryev A.V.,
«EKRA» Research and Production Ltd, Cheboksary

Аннотация

В статье приведено описание структуры SmartGrid, её свойства и назначение. Дано описание основной компоненты SmartGrid – цифровой подстанции. Приведено описание оборудования, предназначенного для строительства цифровой подстанции. Описана проблематика на пути внедрения технологий цифровой подстанций и технологий SmartGrid в целом.

Annotation

The article describes the structure of the SmartGrid, its properties and purpose. A description of the main components of SmartGrid – «Digital Substation». A description of the equipment intended for the construction of digital substation. Described problems to the introduction of «Digital substations» technology and SmartGrid technologies in general.

Технология SmartGrid – это автоматизированный комплекс управления генерацией, распределением и потребления электроэнергии. SmartGrid включает в себя: установки, вырабатывающие электроэнергию, распределительные сети и потребителей электроэнергии.

Основные цели создания или модернизации существующих энергосистем по технологии SmartGrid:

1. Снижение потерь электроэнергии в распределённых электрических сетях.
2. Повышение, за счёт создания распределённой генерации, устойчивости функционирования энергосистемы в целом.
3. Снижение влияния аварий, возникающих в энергосистеме, на время перерывов поставки электроэнергии конечным потребителям.
4. Создание облегченных условий для допуска новых участников генерации электроэнергии (солнечные и ветряные электростанции, малая энергетика и т.п.) на оптовый рынок электроэнергии.
5. Снижение влияния «человеческого фактора» на работу энергосистемы и т.п.

На сегодняшний день традиционная энергетика представлена крупными (системообразующими) источниками генерации (АЭС, ГРЭС, ГЭС, ТЭЦ, ТЭС и т.п.), распределительной электросетью, включающей в себя узловые и распределительные подстанции, а также потребителями электроэнергии. Десятилетия эксплуатации показывают, что сложившаяся структура энергосистемы достаточно надёжна. При этом управление энергосистемой, балансом мощностей (генерируемых и потребляемых) осуществляет системный оператор в лице его филиалов-представителей: на уровне единой национальной электрической сети (ЕНЭС) – объединённые диспетчерские управления (ОДУ), на уровне региональных энергосистем – региональные диспетчерские управления. Управление, как правило, осуществляется либо в полуавтоматическом режиме, либо в ручном режиме.

Рост экономики РФ приводит к неизбежному увеличению потребляемой мощности, необходимой для развития промышленности. Кроме того, возникают дополнительные требования к качеству электроэнергии, к её непрерывности. К сожалению, современные крупные электростанции не имеют возможности достаточно быстро наращивать установленную мощность либо лишены этой возможности полностью.

Ярким примером, показывающим уязвимость энергосистемы в условиях отсутствия автоматизированного управления, является авария в 2005 году на подстанции Чагино (г. Москва). В результате перегрузки автотрансформатора, связывающего ЕНЭС и энергосистему

юга Москвы, произошло «отсоединение» южной энергосистемы Москвы. При этом имеющиеся электростанции не справились с возросшей нагрузкой на генераторы и отключились от энергосистемы. Практически сутки юг Москвы был лишён электроэнергии.

В случае построения энергосистемы по технологии SmartGrid возникает возможность выделения энергосистемы на «сбалансированные» по мощности участки, тем самым обеспечивается непрерывное электроснабжение наиболее ответственных потребителей. Наличие многочисленных источников «малой генерации» в энергосистеме обеспечивает выделение соответствующего количества участков, снижая количество отключаемых потребителей. При этом «сборка» энергосистемы осуществляется автоматически со значительным снижением времени работы энергосистемы в «изолированном» режиме.

Основным ключевым элементом в энергосистеме, построенной по технологии SmartGrid, является цифровая подстанция. Цифровая подстанция – это комплекс оборудования, предназначенного для распределения и преобразования электроэнергии, а также его защита, система управления которой построена на передаче команд управления в цифровом коде по локальным вычислительным сетям (ЛВС).

Цифровая подстанция обладает следующими основными свойствами:

1. Масштабируемость – возможность наращивания (увеличения) возможностей (мощностей) станции без вложения значительных средств на разработку проектов расширения подстанции.

2. Гибкость архитектуры – возможность быстрого изменения структуры управления подстанции.

3. Совместимость оборудования различных производителей – применение стандартизованных протоколов управления позволяет достаточно быстро и оперативно включать в работу подстанции оборудование производителей, поддерживающих стандарты цифровой подстанции.

4. Малообслуживаемость или необслуживаемость – в условиях применения оборудования, соответствующего требованиям цифровой подстанции, обслуживание имеющегося оборудования осуществляется в рамках проведения регламентных и восстановительных работ, не требующего постоянного оперативного персонала подстанции.

Важным преимуществом цифровой подстанции, вследствие применения стандартизованных протоколов управления, является возможность упрощённого её внедрения в энергосистему, построенную по технологии SmartGrid.

Цифровая подстанция, по аналогии с традиционной АСУ ТП, состоит из следующих частей:

1. Полевой (нижний) уровень, включающий в себя первичное оборудование, устройства РЗА, измерения, исполнительные элементы телеуправления и т.п.

2. Средний уровень, включающий в себя локальную систему управления (АСУ ТП, устройства ручного управления, синхронизация времени и т.п.).

3. Верхний уровень, включающий в себя комплексы управления энергосистемой с телеизмерениями, телеуправлениями и т.п.

Основными элементами управления цифровой подстанции являются:

- автоматизированный контроль и управление;
- системы измерений;
- системы связи и передачи данных;
- устройства защиты первичного и вторичного оборудования;
- устройства управления первичным оборудованием.

Сегодня ООО «НПП «ЭКРА» предлагает оборудование для строительства цифровых подстанций. Выпускаемое ООО «НПП «ЭКРА» оборудование охватывает широкий спектр применения на цифровых подстанциях:

1. Для автоматизированного контроля и управления.

1.1. Аппаратное обеспечение – сервера АСУ ТП, сервера управления, регистрации аварийных событий, оборудование сбора данных и выдачи управляющих воздействий.

1.2. Программное обеспечение – непрерывный мониторинг состояния основных элементов станции, дистанционное управление оборудованием, регистрация и изучение аварийных событий, подготовка и выдача отчетов по результатам работы АСУ ТП.

2. Системы измерений – устройства сопряжения с объектом с выдачей информации о режимах работы присоединений в цифровом виде (ток и напряжения), предназначенные для эксплуатации в широком температурном диапазоне (рис. 1).



Рис. 1. Эксплуатация измерительного преобразователя в зимних условиях

3. Системы единого времени – устройства синхронизации времени, работающие с системами глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС и обладающие возможностями автономной работы в случае отсутствия сигналов точного времени с минимальными погрешностями «ухода» времени.

4. Устройства релейной защиты и автоматики первичного оборудования цифровой подстанции (воздушные и кабельные линии электропередач, трансформаторное, коммутационное оборудование и т.п.).

5. Устройства для управления присоединениями – контроллеры присоединения. Обладают гибкой архитектурой, управляют первичным оборудованием в местном и дистанционном режимах.

Вышеуказанное оборудование, выпускаемое ООО «НПП «ЭКРА», прошло необходимую сертификацию и имеет допуски для работы в электросетевом комплексе РФ.

Существенными факторами развития направления «Цифровая подстанция» и SmartGrid в целом являются:

1. Принятие новых актуализированных стандартов международной электротехнической комиссии (МЭК), базирующихся на опыте эксплуатации.

2. Проведение опытной эксплуатации в действующих сетях, изучение поведения элементов цифровой подстанции в реальных условиях.

3. Создание модели управления энергокомплексом. Отработка алгоритмов управления, изучение их влияния на устойчивость энергосистемы.

В то же время сдерживающими факторами являются:

1. Устаревшая нормативная база (правила устройства электроустановок, правила технической эксплуатации и т.п.). Принципы управления элементов цифровой подстанции входят в противоречие с указанными документами, где в явной форме прописаны способы управления первичным оборудованием.

2. Устаревшие требования к оборудованию энергоснабжающих и сетевых организаций.

3. Отсутствие единой площадки для проведения испытаний и сертификации оборудования.

Указанные проблемы большей частью продиктованы требованиями, предъявляемыми к организациям-поставщикам электроэнергии и сетевым организациям, которые в своей деятельности руководствуются нормативной и законодательной базой, а также требованиями, предъявляемыми к участникам оптового рынка электроэнергии.

Данные требования могут быть изменены по результатам опытной эксплуатации, на основе которой возможна разработка правил сертификации оборудования элементов цифровой подстанции.

Литература

1. Отчет по расследованию аварии в ЕЭС России, происшедшей 25.05.2005 [Электронный ресурс]; // URL: http://www.kef.ru/art_010.shtml (дата обращения: 10.03.2015).
2. Информационные материалы сайта SmartGrid [Электронный ресурс]; //URL: http://www.smartgrid.ru (дата обращения: 12.03.2015).
3. Информационные материалы сайта «Цифровая подстанция» [Электронный ресурс]; //URL: http://digitalsubstation.ru/topic/articles/ (дата обращения: 16.03.2015).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ахметова И.Г., Мухаметова Л.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Ахметов Т.Р.,
ОАО «Казэнерго», г. Казань

ENERGY EFFICIENCY HEAT SUPPLIER

Akhmetova I.G., Mukhametova L.R.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Akhmetov T.R.,
Kazenergo, Kazan

Аннотация

Доля некомбинированной выработки в общем балансе производства тепловой энергии в РФ очень велика. Несмотря на требования федерального законодательства, устанавливающие при разработке схем теплоснабжения приоритет комбинированной выработки, значительного сокращения количества котельных в России не предвидится.

Annotation

The share of non-hybrid production in the overall balance of thermal energy production in Russia is very high. Notwithstanding the requirements of federal law establishing the development of district heating schemes priority combined generation, a significant reduction in the number of boilers in Russia is not expected.

Комбинированная выработка в классическом виде осуществима в крупных городах, где функционируют ТЭЦ. Важнейшим условием является наличие разветвленной сети тепловодов. Таким образом, сравнительно небольшие города, а также районы мегаполисов, в которых отсутствуют тепловоды и их строительство экономически нецелесообразно, продолжат получать тепловую энергию от котельных в режиме некомбинированной выработки. Возможность наращивания котельных когенерационными установками и перевод их в комбинированный цикл выработки тепловой энергии, конечно, сохраняется, но не является принципиальным фактором для рассматриваемой проблематики. Немаловажное значение имеет еще и тот факт, что последние 20 лет устойчиво растет износ теплогенерирующего оборудования и тепловых сетей ТЭС (табл. 1) и увеличивается число аварий (табл. 2). Сегодня только 25 % энергетических котлов и 36 % турбин ТЭС моложе 30 лет. Старше 50 лет 23 % котлов и 18 % турбин тепловых электростанций.

Таблица 1.

Оборудование ТЭС России по срокам эксплуатации [2]

Всего оборудования		Срок эксплуатации от 30 до 50 лет		Срок эксплуатации более 50 лет	
Котлов, шт.	Турбин, шт.	Котлов, шт.	Турбин, шт.	Котлов, шт.	Турбин, шт.
2 881	1 591	1 503 (52 %)	732 (46 %)	674 (23 %)	288 (18 %)

Растет прогрессирующими темпами износ (более 60 % сетей работают с превышением нормативного срока службы), как следствие – высокие потери и аварийность. При этом теплоснабжение по обороту сопоставимо с 2,5 % ВВП РФ (1,5 трлн руб.) и составляет более 50 % в платеже гражданина за ЖКУ.

Таблица 2.

Количество аварий за 2010 год [2]

Количество аварий, всего, шт.	Количество аварий в связи с ошибками персонала, шт.	Количество инцидентов, шт.	Количество инцидентов, связанных с ошибками персонала, шт.	Недоотпуск электроэнергии (аварии и инциденты), тыс.кВтч	Недоотпуск электроэнергии (аварии и инциденты), Гкал	Экономический ущерб (аварии и инциденты), млн руб.
246	35	2 518	240	743 881	29 776	27 510

Теплоснабжение от котельных характеризуется большим количеством источников тепловой энергии и их территориальной разобщенностью. Несмотря на наличие ведомственных источников, большое количество котельных, находящихся в одном городе, сельском поселении, объединены в рамках одной специализированной организации. Объединение котельных в одно специализированное предприятие способствует оптимизации процесса теплоснабжения, сдерживает рост тарифов на тепловую энергию. Сегодня федеральное законодательство прямо регламентирует создание в одной зоне теплоснабжения единой теплоснабжающей организации (ЕТО).

Оптимизация системы теплоснабжения, в том числе и путем организации ЕТО, безусловно, правильно. Однако это направление не свободно от недостатков, немаловажным фактором влияния на величину которых является территориальная разобщенность котельных.

Для анализа сложившейся ситуации рассмотрим основные направления повышения энергоэффективности теплоснабжающих организаций:

– мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности, модернизацию существующей техники и технологии;

– мероприятия, повышающие энергоэффективность путем изменения существующей техники и технологии;

– мероприятия, направленные на сохранение результатов, полученных при реализации первых двух направлений.

Следует отметить, что проведение энергетических обследований сознательно не вынесено в отдельное направление, так как качественный энергоаудит является обязательным условием, определяющим возможность и целесообразность осуществления энергосберегающего мероприятия. На момент начала реализации программы энергосбережения организация должна иметь структурированные результаты энергоаудита: оценку потенциала энергосбережения, план мероприятий, расчет эффективности и срока окупаемости, разбивку на этапы реализации.

Первое направление повышения энергоэффективности характеризуется прежде всего работой с удельными расходами топлива, электроэнергии, воды, оптимизацией в части фонда заработной платы. Мероприятия сводятся к замене устаревшего, неэффективного оборудования на современное, использованию в существующих технологических цепочках энергоэффективных технологий. Во многих случаях реализация проектов, кроме повышения энергоэффективности, выполняет задачу реконструкции физически изношенного оборудования – снижение степени износа основных фондов. В качестве примера можно привести следующие мероприятия:

– замену морально и физически устаревших котлоагрегатов на современные с высоким коэффициентом полезного действия, современной автоматикой, позволяющей кроме снижения расхода топлива оптимизировать количество обслуживающего персонала;

– установку преобразователей частоты вращения электродвигателей, позволяющих значительно снизить потребление электроэнергии оборудованием с переменной величиной загрузки;

– применение современных видов тепловой изоляции для снижения тепловых потерь при передаче тепловой энергии;

– установку современных автоматизированных систем водоподготовки с целью нормализации водно-химического режима, предотвращения образования накипи, возникновения коррозии.

Второе направление повышения энергоэффективности связано с проектами, направленными на совершенствование технологической цепочки системы теплоснабжения, с изменением некоторых ее звеньев. К таким проектам можно отнести:

– монтаж в котельных когенерационных установок – перевод котельных в режим совместной выработки тепловой и электрической энергии;

– замену стальных трубопроводов тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения на трубы из полимерных материалов – увеличение срока службы, снижение затрат на ремонт и эксплуатацию;

– установку у потребителей индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с целью перевода функции приготовления горячей воды из котельных и центральных тепловых пунктов (ЦТП) непосредственно к потребителю – уход от четырехтрубной системы, снижение эксплуатационных затрат;

– перевод котельных в полностью автоматизированный режим работы без обслуживающего персонала – оптимизация расходов на заработную плату.

Мероприятия второго направления, как правило, требуют существенно большего объема финансирования. Часто эти мероприятия сопровождаются нелинейным по годам реализации проектов экономическим эффектом. Получение максимального эффекта отсрочено от момента внедрения на 5–10 лет. Например, максимальный эффект от внедрения долговечных полимерных трубопроводов будет получен через промежуток времени, равный фактическому сроку службы стальных труб. Эта особенность значительно затрудняет использование заемных средств для реализации данных проектов.

Первым двум направлениям энергосбережения, повышения энергоэффективности уделяется много внимания. Но нельзя забывать, что не менее важной задачей является сохранение полученного энергосберегающего эффекта на максимально возможный период времени, контроль за фактической величиной экономического эффекта, принятие мер в случае возникновения отклонений. Использование всего потенциала энергосбережения является результатом не только усовершенствования техники и технологии, но и уровнем организации выполнения энергосберегающих решений. К сожалению, не редки случаи, когда техническая возможность энергоэффективной работы системы теплоснабжения не приводит к реальному экономическому эффекту в связи с недостаточным уровнем эксплуатационной ответственности. В качестве наиболее простого примера можно привести режим работы котлоагрегата. Даже на самом современном котле можно значительно пережигать топливо, если не соблюдать требования режимных карт по оптимальному соотношению топливо–воздух.

Таким образом, третье направление энергосбережения – это не еще один блок энергоэффективных мероприятий, а организационная система, позволяющая осуществлять анализ и контроль выполнения проектов первых двух направлений. Степень значимости данного направления нельзя недооценивать. Именно при реализации третьего направления повышения энергоэффективности работы теплоснабжающей организации серьезным негативным фактором становится территориальная разобщенность источников теплоснабжения некомбинированной выработки.

Для обеспечения возможности оценки, контроля и анализа результатов внедрения энергосберегающих мероприятий, возможности принимать технические решения, влияющие на эффективность работы системы теплоснабжения, необходимо иметь постоянный оперативный доступ в режиме реального времени к двум блокам информации:

– нормативные (с учетом и без учета внедрения энергосберегающих мероприятий) и фактические удельные расходы топлива, электроэнергии, воды на выработку тепловой энергии. Задача осложняется тем, что эти показатели переменны и зависят от температуры наружного воздуха;

– исчерпывающая информация о состоянии источников тепловой энергии, тепловых сетей, потребителей.

С учетом территориальной разобщенности источников теплоснабжения некомбинированной выработки сбор данной информации в «ручном» режиме весьма трудоемкий и требует больших

затрат времени. При этом полученная информация всегда будет констатировать уже полученные, фактические результаты, не давая возможности изменить ситуацию. Решением проблемы должна стать автоматизированная система учета выработки тепловой энергии и потребления энергоресурсов, которая в режиме реального времени, на базе существующих приборов учета на источниках тепловой энергии должна определять фактические значения удельных расходов и их соответствие разработанным, с учетом внедрения энергосберегающих технологий, нормативным значениям. Режим реального времени позволит принять оперативные меры по недопущению перерасходов энергоресурсов. Возможность оценки состояния оборудования, разработки планов ремонта, реконструкции и модернизации на долгосрочную перспективу должна представить геоинформационная система, которая содержит следующую информацию:

Каждый участок тепловой сети или сети горячего водоснабжения должен содержать следующую информацию:

– диаметр трубопровода;

– протяженность трубопровода в двухтрубном исчислении;

– способ прокладки (надземный, подземный). При подземном способе прокладки: канальный, бесканальный, в проходном, полупроходном канале, в стальном футляре;

– тип трубы (стальная, стальная оцинкованная, сшитый полиэтилен, полипропилен);

– тип тепловой изоляции (пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке, пенополиуретан в оцинкованной оболочке, минеральная вата, базальтовое волокно, тилит, пенополимербетон и др.);

– год прокладки или замены участка тепловой сети;

– тепловая нагрузка в Гкал/ч по видам теплопотребления (на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение);

– дата и результаты последнего проведения на данном участке шурфовок, работ по ремонту и реконструкции;

– информация по повреждениям тепловых сетей в процессе опрессовок и эксплуатационного режима;

– планируемая дата проведения на данном участке тепловой сети ремонтных работ, реконструкции.

Каждая тепловая камера должна содержать следующую информацию:

– порядковый номер;

– принципиальную схему тепловой камеры с указанием трубопроводов и их диаметров, запорной арматуры и ее диаметра, компенсаторов, элеваторных узлов, балансировочных клапанов (при наличии).

Каждый потребитель тепловой энергии должен содержать информацию:

– по присоединенной тепловой нагрузке;

– типу и характеристике основного оборудования теплового узла ввода.

Каждый источник теплоснабжения (котельная, ЦТП) должен содержать следующую информацию:

– по присоединенной тепловой нагрузке к источнику теплоснабжения;

– принципиальную тепловую схему источника теплоснабжения с перечнем основного оборудования;

– расчетный гидравлический режим на выходе из источника теплоснабжения;

– температурный график источника теплоснабжения.

Автоматизированную систему учета выработки тепловой энергии и потребления энергоресурсов предлагается объединить с геоинформационной системой в едином программном комплексе.

Литература

1. Электронный ресурс http://www.rgk-1.ru/
2. Электронный ресурс minenergo.gov.ru/

ВЛИЯНИЕ ПОЭТАПНОГО ВНЕДРЕНИЯ АИТП НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ

Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В., Поленов Л.А., Павлов Л.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

INFLUENCE OF STAGE-BY-STAGE INTRODUCTION OF AITP ON HYDRAULIC STABILITY OF SYSTEM IN GENERAL

Zvonareva U.N., Vankov U.V., Polenov L.A., Pavlov L.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Цель: изучить влияние на гидравлический режим работы системы теплоснабжения при переходе с ЦТП на ИТП, определить оптимальный процент оснащенности потребителей индивидуальными тепловыми пунктами с точки зрения гидравлической устойчивости системы теплоснабжения.

Результаты: проведеный анализ влияния поэтапного внедрения АИТП на гидравлический режим системы показал, что наиболее оптимальным с точки зрения энергоэффективности является установка АИТП у числа потребителей, превышающих 75 % от общего количества.

Выводы: использование полученных результатов направлено на оптимизацию работы систем теплоснабжения в границах крупных городов.

Annotation

Purpose: To study influence on hydraulic working hours of system of heat supply upon transition with CTP to ITP. To determine optimum percent of equipment of consumers by individual thermal points from the point of view of hydraulic stability of system of heat supply.

Results: Are carried out the analysis of influence of stage-by-stage introduction of AITP on the hydraulic mode of system, I showed that the most optimum, from the point of view of energy efficiency, the AITP installation at number of the consumers exceeding 75% of total is.

Conclusions: Use of the received results is directed on optimization of work of systems of heat supply in borders of the large cities.

В настоящее время в Казани ведется работа по замене центральных тепловых пунктов (ЦТП) на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП).

Установка АИТП обходится дешевле, чем реконструкция ЦТП и замена сетей горячего водоснабжения.

Переход от центральных тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным (ИТП), расположенным в отапливаемом здании, помимо повышения эффективности авторегулирования отопления (авторегулирование с коррекцией по температуре внутреннего воздуха, учитывающее назначение здания), позволяет отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения, а также снизить потери тепла при транспортировке и расход электроэнергии на перекачку и циркуляцию горячей воды.

Следует отметить, что перевод лишь части абонентов на независимую схему теплоснабжения с использованием АИТП может привести к разбалансировке гидравлического режима системы теплоснабжения в целом.

Установка в районе одного-двух АИТП не внесет особого дисбаланса в работу системы. Однако любая система должна работать как отлаженный механизм, поэтому внедрение системы регулирования и учета у большого количества абонентов требует к себе достаточного внимания и технически грамотных решений по регулированию системы теплоснабжения не только конкретного абонента, но и обобщенно всей системы теплоснабжения.

Для анализа влияния перехода с ЦТП на ИТП на гидравлический режим системы теплоснабжения на базе информационно-графической системы Zulu нами была смоделирована система теплоснабжения жилых домов квартала № 38 Ново-Савиновского района г. Казани.

Источником теплоснабжения является РК «Савиново».

Температурный график тепловых сетей 150-65 °С.

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования t=-32 °С.

Метод регулирования отпуска тепловой энергии в систему централизованного теплоснабжения качественно-количественный.

Местом подключения квартальных трубопроводов к магистральному тепловоду №18 является тепловая камера ТК 18-21.

Располагаемый напор теплоносителя в ТК 18-21 составляет 36 м:

- давление в подающем трубопроводе Р1=7,8 кгс/см^2;
- давление в обратном трубопроводе Р2=4,2 кгс/см^2.

В рассматриваемом районе расположено два центральных тепловых пункта (ЦТП 38-1 и ЦТП 38-2), 23 жилых и 7 общественных зданий.

Схема теплоснабжения рассматриваемого района приведена на рис. 1.

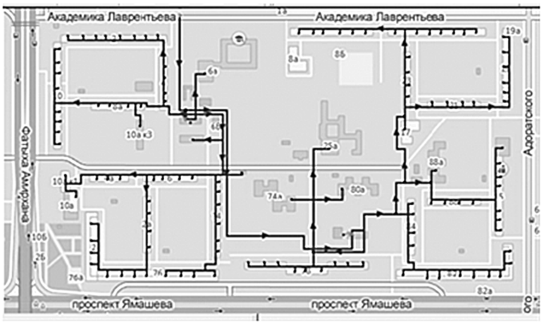


Рис. 1. Схема теплоснабжения 38-го квартала

С помощью созданной электронной модели проанализировано влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлический режим в границах рассматриваемого квартала от ЦТП 38-1.

Внедрение АИТП моделировалось в несколько этапов:

1) установка АИТП у 15 % потребителей;
2) установка АИТП у 30 % потребителей;
3) установка АИТП у 55 % потребителей;
4) установка АИТП у 75 % потребителей;
5) перевод 100 % потребителей на АИТП и исключение ЦТП из схемы.

Следует отметить, что при централизованном регулировании теплопотребления, когда режим теплоснабжения зависит от изначально выставленных гидравлических сопротивлений сетей и потребителей, внедрение автоматизации на отдельных потребителях ведет к общей разрегулировке системы, то есть к снижению общего качества теплоснабжения.

Установка индивидуального теплового пункта у потребителя на абонентском вводе изменяет гидравлический режим и вносит изменения в график давления. На рис. 2 наглядно представлены изменения пьезометрического графика теплосети при работе ЦТП, совместной работе ИТП и ЦТП (50/50) и переводе 100 % потребителей на ИТП.

При увеличении процента жилых домов, оснащённых ИТП, расход воды на конечных абонентах увеличивается, о чем свидетельствуют результаты смоделированных режимов работы (рис. 3).

Анализ смоделированных режимов работы (рис. 4) показал, что внедрение ИТП у числа абонентов менее 30 % и более 75 % не вносит значимого изменения в гидравлический режим системы теплоснабжения.

Однако установка АИТП у числа абонентов, находящихся в диапазоне 30–75 %, требует увеличения располагаемого напора на выходе из ЦТП в системе, а следовательно, и увеличения давления в подающем трубопроводе.

Повышение давления сетевой воды может к привести к возникновению аварийных либо переходных гидравлических процессов, вызванных колебанием давления с системе теплоснабжения города в целом. Чего нельзя допускать с точки зрения надежности эксплуатируемых систем теплоснабжения, являющейся одним из важнейших факторов при осуществлении договорных отношений между теплоснабжающими организациями и потребителями тепловой энергии.

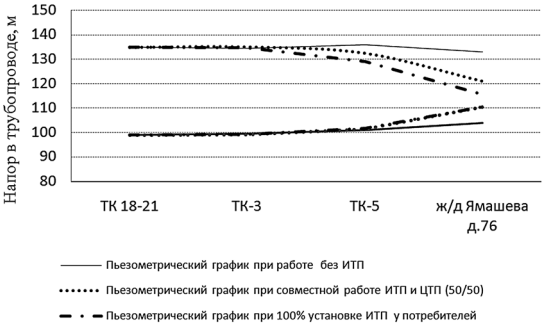


Рис. 2. Изменение гидравлического режима при установке ИТП

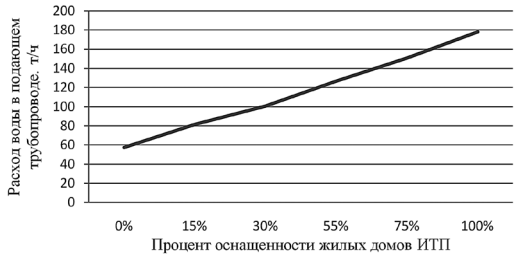


Рис. 3. Зависимость расхода воды на конечных потребителях от поэтапного внедрения ИТП

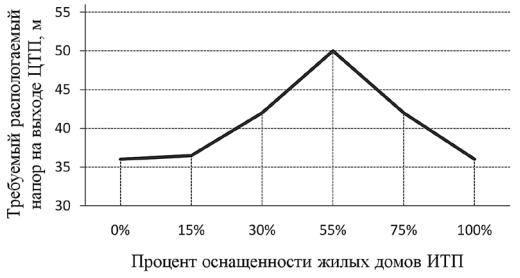


Рис. 4. Требуемый располагаемый напор на выходе ЦТП в зависимости от поэтапного внедрения ИТП

Вывод: проведённый анализ влияния поэтапного внедрения АИТП на гидравлический режим системы показал, что наименее эффективным с точки зрения гидравлической устойчивости является внедрение индивидуальных тепловых пунктов у 50 % абонентов.

Известно, что при переходе от ЦТП к АИТП снижется теплопотребление абонентов на 20–25 %, сокращаются утечки воды в системах ГВС и уменьшается объем водоподготовки на ТЭЦ, при этом происходит снижение тарифа на тепловую энергию для потребителей, улучшается качество и надежность теплоснабжения, снижается потребление топлива. С учетом этого можно сказать, что наиболее оптимальным с точки зрения энергоэффективности является установка АИТП у числа потребителей, превышающих 75 % от общего количества.

Литература

1. Мадорский Б.М., Шмидт В.А. Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения – М., Стройиздат, 1971. – 168 с.
2. Установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) – [Портал ЭнергоСовет.ru – энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии 2006-2015] -http://www.energosovet.ru/.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА ОТ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ (ЦТП) НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ (АИТП)

Ахмерова Г.М.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

THE PROBLEMS OF TRANSITION FROM CENTRAL THERMAL CEN-TERS (CTC) AT THE INDIVIDUAL HEAT POINTS (AITP)

Akhmerova G.M.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Согласно Федеральному закону № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (с изменениями на 29 декабря 2014 года) к 1 января 2022 года открытые системы теплоснабжения должны исчезнуть, так как открытый забор горячей воды является одной из причин энергозатратности жилищно-коммунального хозяйства[1]. Широкое применение открытых систем теплоснабжения объясняется дефицитом теплотехнического оборудования в советское время, и для реконструкции нужны как средства, так и специалисты. Казанская теплосетевая компания в 2013 году разработала пятилетний проект программы по переходу от ЦТП на ИТП с последующей ликвидацией всех обслуживаемых ЦТП. Но для повышения энергоэффективности систем теплоснабжения недостаточно только «закрыть» ГВС, необходим переход на независимые схемы отопления. В статье проводится анализ проблем, возникающих при переходе от ЦТП к ИТП, которые следует решать комплексно.

Annotation

According to Federal law No. 190-F3 «On heat supply» (with amendments as of December 29, 2014 to January 1, 2022 open heating system should IP-chesnut as outdoor fence hot water is one of the reasons the consumption of housing. Wide application of open systems talonario deposits due to lack of heating equipment in the Soviet period and for the re-design is needed as tools and experts. Kazan heat distribution company in 2013 developed a five-year project on transition from the transit center at ITP with after-blowing elimination of all accepted TSC. But to improve the ef-ficiency of heating systems is not enough to just "close" DHW, a transition to the independent heat-ing schemes. The article analyses the problems encountered in the transition from the transit center to ITP, which should be addressed.

Тепловой пункт является одним из основных элементов системы централизованного теплоснабжения здания, он обеспечивает функцию преобразования и устойчивой циркуляции теплоносителя. Первоначально тепловые пункты размещали в подвалах, на первых этажах зданий или в подземных пристройках к дому. Существующие на тот момент технологии препятствовали размещению оборудования в подвалах жилых домов (громоздкие теплообменники, отсутствие малошумных насосов). С массовым жилищным строительством в 1950-х годах возникла необходимость сооружения центральных тепловых пунктов (ЦТП), так как водогреющие газовые колонки сменило централизованное горячее водоснабжение. Появление ЦТП 20–30 лет назад превратило квартальные тепловые сети в комбинированные системы с двухтрубной тепловой сетью от источника до ЦТП и четырёхтрубной от ЦТП до отдельных зданий. Это усложнило эксплуатацию и увеличило стоимость квартальных тепловых сетей. Необходимо отметить, что тепловой пункт может быть и квартирным, когда система теплоснабжения не заканчивается на вводе в здание, а доводится до каждой квартиры. В СССР впервые система квартирного ИТП была разработана и реализована Ч. Шалькявичюсом в г. Вильнюсе. Перегретая вода из тепловой сети доводилась в ванную комнату каждой квартиры, где устанавливался водонагреватель.

Сегодня лучшие мировые производители предлагают малошумные насосы, системы авторегулирования и учёта тепловой энергии и воды, различные размеры теплообменных аппаратов. Для стран Западной Европы характерно размещение на вводах зданий индивидуальных тепловых пунктов, оснащённых пластинчатыми водоподогревателями для отопления и ГВС, средствами автоматического регулирования и насосным оборудованием. Переход от центральных тепловых пунктов к индивидуальным позволяет минимизировать потери при транспортировке тепла и уменьшить расход электроэнергии на перекачку горячей воды для бытовых нужд. Европа ушла от ЦТП и уже давно использует ИТП.

Расчёты, выполненные В. И. Ливчаком ещё в 1970-х годах, показали, что ИТП оказываются эффективнее решения с ЦТП как по капиталовложениям, так и по эксплуатационным затратам [2]. В этом случае уменьшаются теплопотери, расход электроэнергии на перекачку и циркуляцию горячей воды, а также повышается эффективность авторегулирования отопления. Это решение позволяет отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения. Подобная реконструкция применена в 1990-х годах в Восточной Германии (в новых федеральных землях), где внутриквартальные трубопроводы системы горячего водоснабжения отключены, а по трубопроводам отопления подают перегретую воду в каждый дом. Для России опыт реформирования ЖКХ в восточных землях Германии имеет ценность, т.к. очень напоминает ту модель, которая использовалась в этот же период в Советском Союзе.

В Татарстане первый опыт перехода от центральных тепловых пунктов к автоматизированным индивидуальным (АИТП) был осуществлен в Набережных Челнах ещё в 2004 году. Сейчас оснащенность жилого фонда новыми АИТП составляет 98 %. В Елабуге ООО «Управляющая компания «КЭР-Холдинг» установила 88 полнокомплектных ИТП российского производства. В ряде городов Закамской зоны Татарстана: Бавлы, Уруссу, Заинске, Альметьевске, Лениногорске, Бугульме специалисты республиканского предприятия ОАО «Таткоммунпромкомплект» установили в многоквартирных жилых домах и муниципальных учреждениях индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

Казанская теплосетевая компания в 2013 году разработала пятилетний проект программы по переходу от ЦТП на ИТП с последующей ликвидацией всех 125 обслуживаемых ЦТП. Программа, направленная на оптимизацию теплоснабжения, рассчитана на 2014–2016 годы. Новые дома согласно закону об энергоэффективности от 2009 г. сдаются только с АИТП. Реализацией программы перехода ЦТП на АИТП в столице Татарстана наряду с другими сетевыми компаниями занимается ОАО «Генерирующая компания». На сегодняшний день, по данным ОАО «Генерирующая компания», в Казани функционируют 122 центральных тепловых пункта, а протяжённость трубопроводов ГВС составляет 260360 погонных метров. При этом физический износ ЦТП и линий ГВС составляет более 80 %. К ЦТП подключены 1700 объектов, из них 1,5 тысячи — многоквартирные дома.

При переходе на индивидуальные теплоузлы все ЦТП будут ликвидированы, происходит переход от 4-трубной на 2-трубную систему теплоснабжения, то есть необходимость в эксплуатации и ремонте трубопроводов ГВС отпадёт. Реализация данной программы позволит снизить нормативные тепловые потери в тепловых сетях ориентировочно на 2 процента (или на 145 тыс. Гкал), т.к. исключаются потери по сетям горячего водоснабжения.

У проекта при всех неоспоримых плюсах есть и проблемные вопросы:

1. Изношенность сетей холодного водоснабжения. Ранее внутриквартальные сети водоканала были рассчитаны на снабжение потребителей только холодной водой (горячую воду после ЦТП на дома поставляли тепловые сети). Перед водоканалом встаёт проблема увеличения пропускной способности водопроводных сетей почти в два раза. На данный момент в связи с установкой ИТП в домах нагрузка на сети холодного водоснабжения увеличилась. Это привело к тому, что в ряде домов периодически возникают перебои как с горячей, так и с холодной водой.

2. Холодная вода перед тем как стать теплоносителем, как правило, требует снижения жёсткости во избежание возникновения накипи при её нагреве. При отсутствии водоподготовки жёсткая вода способна вывести из строя теплообменники за считанные месяцы из-за

интенсивного образования трудноудаляемой накипи. При установке АИТП холодную воду для подогрева в теплообменнике надо готовить, и решение проблемы водоподготовки при переходе с открытой на закрытую схему перейдет от генерирующих объектов к потребителям.

3. В течение года тепловая нагрузка на горячее водоснабжение меняется сравнительно мало, но резко изменяется по часам в течение суток. Переменная нагрузка горячего водоснабжения при использовании ЦТП сглаживалась наличием баков-аккумуляторов. При закрытой и открытой схемах теплоснабжения системы горячего водоснабжения жилых зданий присоединяются без баков-аккумуляторов горячей воды. Как неравномерности потребления воды будет покрывать ИТП?

4. В связи с изменением курса валют цены на всё импортное оборудование выросли, и замена насосов и любого другого оборудования становится проблематичной. При выходе из строя циркуляционных насосов система ГВС работает как тупиковая. Сливы воды, охладившейся в стояках, приводят к увеличению нагрузки водопроводных и канализационных сетей, а оплата ложится на потребителя.

5. Для обслуживания нового оборудования необходим высококвалифицированный персонал. Его нужно обучать, т.к. организации, обслуживающие внутренние системы зданий, должны будут обеспечить должный уровень эксплуатации энергетического оборудования.

6. Вопрос с балансовой принадлежностью ИТП. «Генерирующая компания» устанавливает оборудование, но, как и любой другой механизм в доме, его нужно обслуживать. Оборудование устанавливается в домах, и логично было бы передать его на баланс УК и ТСЖ ЖСК, но они изо всех сил противятся. В дальнейшем жильцы должны признать его общедомовым имуществом и содержать его.

7. Применение насосных установок в ИТП зданий вызовет дополнительную нагрузку на внутренние и наружные электрические сети и должно быть учтено при их реконструкции.

Итак, законодательные нормы и нормативы [1, 3] требуют проведения к 2022 году коренной модернизации ИТП зданий. Переход от центральных тепловых пунктов на индивидуальные тепловые пункты, на независимые схемы присоединения систем отопления и горячего водоснабжения существующих зданий является комплексной проблемой.

Литература

1. Федеральный закон РФ № 190-ФЗ от 27.07.2010 «О теплоснабжении».
2. Ливчак В.И. Теплоснабжение жилых микрорайонов города на современном этапе. Энергосбережение. – 2005. – № 1.
3. СП 60.13330.2012 «СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование».

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ

Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Политова Т.О., Саляхова Р.Р., Назарычев С.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

COMPARISON OF METHODS OF CALCULATING THE RELIABILITY OF PIPELINES FOR EXAMPLE, KAZAN

Vankov Y.V., Ziganshin Sh.G., Politova T.O., Salyakhova R.R., Nazarichev S.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Совершенствование методик оценки надежности магистральных трубопроводов тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить энергоэффективность и надежность работы системы теплоснабжения в целом. В данной работе оценка надежности тепловых сетей производилась по двум методикам: «Расчет систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности» (РД-7-ВЭП0, ОАО «ВНИПИЭНЕРГОПРОМ»), «Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов» (Сеннова Е.В., Кирюхин С.Н., ОАО «Газпром промгаз»). Для оценки полученных результатов применены следующие методы построения моделей надежности: 1) метод наименьших квадратов; 2) метод построения линий тренда; 3) метод экспоненциальной регрессии.

Annotation

Improvement of methods of reliability assessment of pipelines of thermal networks is an important task which will increase the energy of geoeffectiveness and reliability of heat supply sys-tem in General. In this paper, the reliability of thermal networks was carried out by two methods: Calculation systems prices-traitoannopay heat with regard to reliability (RD-7-WAP, JSC «VNIPI-ENERGOPROM»), «Methodology and algorithm of calculation of reliability of heat supply net-works in the development of schemes of heat supply of cities» (Sendova E. C., Kiryukhin, S. N., OAO Gazprom Promgaz). To evaluate the obtained results, apply the following methods for con-structing models of reliability: 1) the method of least squares; 2) method of construction of trend lines; 3) exponential regression method.

Большая изношенность оборудования и трубопроводов в существующих теплоэнергетических системах, интенсивная застройка новых жилых районов в городах и поселках, ожидаемая структурная перестройка отраслей экономики требуют больших объемов работ по реконструкции и новому строительству тепловых трасс и теплоэнергетических систем.

В настоящее время методы проектирования тепловых сетей далеки от совершенства, не достаточно учитывают как экономические показатели при выборе диаметров закладываемых в проект трубопроводов, так и возможности по проведению энергосберегающих мероприятий, что требует дополнительных исследований в этом направлении.

Одним из направлений энергосбережения в системах теплоснабжения является совершенствование схем и параметров тепловых сетей, являющихся связующим звеном между источниками и потребителями теплоты, способствующих экономии тепловой и электрической энергии, минимизации энергетических потерь. Поэтому совершенствование методик расчета надежности магистральных трубопроводов для проектирования новых и повышения эффективности существующих тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество и надежность работы систем теплоснабжения в целом, что соответствует одному из стратегических направлений развития России – модернизации энергетики.

На сегодняшний день существует несколько методик оценки уровня надежности, разработанных Сенновой Е.В., Юфа А.И., Калининым Н.В., Кикичевым Н.Г., Иони-

ным А.А., Самойленко Н.И., Плавич А.Ю. и др., но на практике их применение по ряду причин трудноосуществимо.

В данной работе проведено сравнение результатов оценки надежности тепловых сетей по двум методикам:

1. Расчет систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности (РД-7-ВЭП0, ОАО «ВНИПИ ЭНЕРГОПРОМ»).

2. Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов (Сеннова Е.В., Кирюхин С.Н., ОАО «Газпром промгаз»).

Расчет по первой методике производился для каждого теплопровода. Основными данными для расчетов служили: год прокладки трубопровода, длина трубопровода, срок службы и тип прокладки. Расчет выполняется программой. Полученные в ходе расчетов результаты сравниваются с нормативным показателем готовности (Е=0,97) и с нормативным показателем безотказной работы (р=0,86).

Во второй методике расчет производился по следующим показателям:

1) интенсивность отказов элементов ТС;
2) параметр потока отказов элементов ТС;
3) среднее время до восстановления элементов ТС;
4) интенсивность восстановления элементов ТС.

На основе произведенных расчетов можно сделать следующие выводы.

1. При расчете среднего времени восстановления участка по второй методике принимаются коэффициенты для теплопроводов, которые учитывают только подземный вид прокладки, в то время как для первого расчета эти значения принимаются в зависимости от диаметра трубопровода.

2. В первой методике не учитывается интенсивность отказа запорно-регулирующей арматуры.

3. При сравнении также необходимо учитывать тот факт, что в первом случае вероятность безотказной работы рассчитывалась для всех участков с учетом предыдущего, с целью установления значения вероятности на конечном потребителе. А во втором случае отдельно для каждого участка. Поэтому во втором расчете значения вероятности безотказной работы близки к единице.

Для оценки результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов применены следующие методы построения моделей надежности:

1) метод наименьших квадратов;
2) графический метод – построение линий тренда;
3) метод экспоненциальной регрессии.

Методику построения теоретической модели надежности на базе статистического распределения вероятностей наработок до отказа можно представить в виде трех этапов.

Первый этап. Выдвижение гипотезы о теоретическом законе распределения времени безотказной работы объекта трубопроводов. Выбор закона распределения может производиться несколькими способами. 1. Анализ физического механизма образования случайной величины. 2. По виду гистограммы, в основу которой положена обработка статистических данных, и сравнение ее с типовыми графиками. 3. Использование классификаций видов распределений для характерных отказов объектов трубопроводов, т.е. по литературным источникам, содержащим рекомендации на основании аналитических исследований.

Второй этап. Построение теоретической модели надежности объекта исследования методом компьютерного моделирования на основе статистических оценок показателей надежности объекта.

Третий этап. Проверка согласия гипотез с наблюдениями. Другими словами – проверка модели на адекватность действительности, т. е. проверка достоверности построенной модели. Проверка гипотезы может быть осуществлена разными методами: с использованием критериев согласия (Пирсона и Колмогорова) или на основе корреляционного анализа (рис. 1).

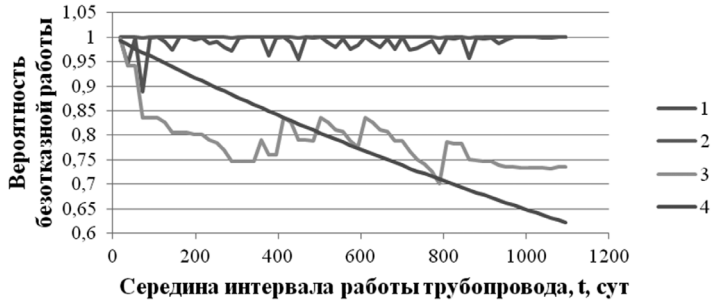


Рис. 1. Метод наименьших квадратов:
1 – вероятность, рассчитанная отдельно по каждому трубопроводу, по методике РД7-ВЭБ;
2 –вероятность, рассчитанная отдельно по каждому трубопроводу, по методике Сенновой;
3 – вероятность, рассчитанная с учетом предыдущего трубопровода, ориентированная на конечного потребителя, по методике РД7-ВЭБ; 4 – графическая иллюстрация метода наименьших квадратов

Метод построения моделей регрессии основан на построении линий тренда.

Имеются две наблюдаемые (экспериментальные) величины: факторы – независимые переменные и отклики – зависимые переменные.

В нашем случае факторами являются значения времени, а откликами – значения вероятностей. Значение R2 низкое. Величина достоверности аппроксимации (R2) представляет собой так называемый коэффициент детерминации, по значению которого можно судить о правомерности использования экспоненциального уравнения регрессии (рис. 2).

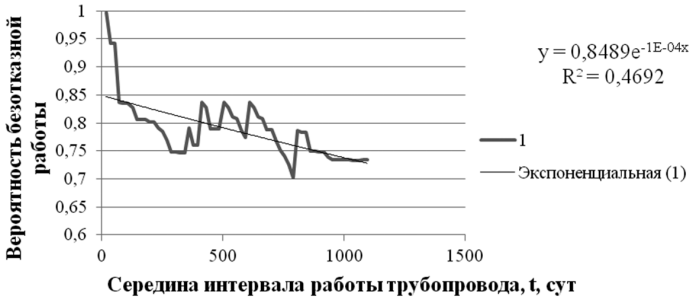


Рис. 2. Графический метод – построение линии тренда:
1 – вероятность, рассчитанная с учетом надежности предыдущего трубопровода, ориентированная на конечного потребителя, по методике РД7-ВЭБ

Достаточно много моделей надежности описывается экспоненциальным законом распределения случайной величины. В Excel реализован метод построения и анализа подобных моделей – с помощью статистической функции ЛГРФПРИБЛ. Экспоненциальная модель в данном методе описывается уравнением

$$Y = C\, m^{x}. \quad (1)$$

В нашем случае неизвестной зависимой величине Y соответствует Pt, а величине x соответствует t. Параметр m определяется формулой

$$m = e^{-\lambda}, \quad (2)$$

поэтому искомый параметр – интенсивность потока отказов определяется соответствующим выражением через натуральный логарифм:

$$\lambda = -\ln(m). \quad (3)$$

Данный метод позволяет получить полную статистику экспоненциальной регрессии, которая представляется в виде таблицы, состоящей из пяти строк и двух колонок. Рассмотрим

применение данного метода на том примере, для которого ранее построили модели надежности трубопровода методами наименьших квадратов и построения линии тренда (рис. 3).

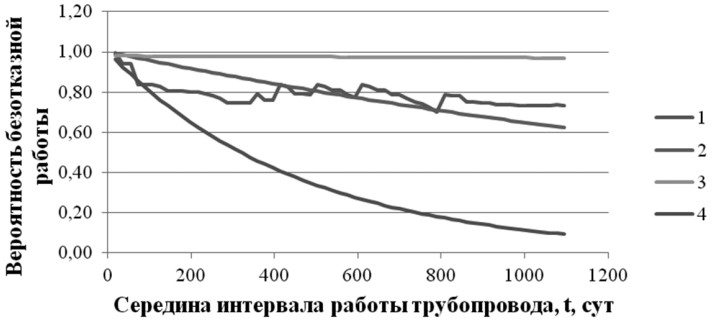


Рис. 3. Метод экспоненциальной регрессии:
1 – вероятность, рассчитанная с учетом предыдущего трубопровода, ориентированная на конечного потребителя, по методике РД7-ВЭБ; 2 – графическая иллюстрация метода наименьших квадратов; 3 – вероятность, построенная по результатам расчетов графическим методом; 4 – графическая иллюстрация метода экспоненциальной регрессии

Выводы

По результатам расчетов было выявлено, что метод наименьших квадратов является наиболее точным по сравнению с другими методами (графическим методом и методом экспоненциальной регрессии), так как более приближен к расчетным показателям надежности.

Нами было произведено сравнение результатов расчета по двум методикам расчета вероятности безотказной работы:

1) Методические указания по расчету систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности (РД-7-ВЭП, ОАО «ВНИПИ ЭНЕРГОПРОМ»);

2) Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов (Сеннова Е.В., Кирюхин С.Н., ОАО «Газпром промгаз»).

Результат показал, что методика РД-7-ВЭП является более точной и удобной для расчета показателей надежности. Результаты расчета можно использовать для дальнейшего изучения состояния работы тепловой системы.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Логинов В.Н., Политова Т.О.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

ENERGY EFFICIENCY INCREASE BY AUTOMATION OF INDIVIDUAL THERMAL POINTS

Ziganshin Sh.G., Vankov Yu.V., Loginov V.N., Politova T.O.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы, связанные с повышением надежности и эффективности теплоснабжения, на примере анализа теплопотребления производственной базы дается оценка эффективности установки автоматизированных тепловых пунктов.

Annotation

This paper deals with issues related to improving the reliability and efficiency of heating, on the example of heat production base an assessment of the effectiveness of the installation of automated thermal points.

Эффективность систем отопления можно оценить как эксплуатационными затратами, так и надежностью (обеспеченностью) поддержания у потребителя требуемых параметров микроклимата.

Обеспечение эффективности теплоснабжения связано с определенными затратами. Одним из наиболее затратных мероприятий по повышению энергоэффективности является установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП).

Система автоматического регулирования теплопотребления, входящая в состав ИТП, назначена выполнять следующие функции:

- погодозависимое регулирование теплопотребления;
- современные технические решения автоматического теплопотребления;
- корректировка температуры подаваемой в систему отопления воды по температуре возвращаемого теплоносителя;
- снижение затрат на оплату тепловой энергии;
- диспетчеризация теплоснабжения.

Несмотря на дороговизну, автоматизация индивидуального теплового пункта является одним из наиболее эффективных инструментов для снижения потребления тепловой энергии.

Во-первых, автоматика ИТП обеспечивает регулирование температуры воды, поступающей в систему отопления, в зависимости от температуры наружного воздуха. Это позволяет уменьшить «перетоп» здания в осенне-весенний период и снизить затраты тепловой энергии.

Во-вторых, дополнительным резервом экономии тепловой энергии является корректировка температуры подаваемого в систему отопления теплоносителя по температуре обратной воды с учетом реального режима работы теплоснабжающей организации.

В-третьих, поддержание требуемой температуры воды в обратном трубопроводе тепловой сети позволяет избежать претензий и штрафных санкций теплоснабжающей организации. В случае систематического превышения среднесуточной температуры «обратки» на величину более 3 °С начисляется дополнительная оплата за «недоиспользованную тепловую энергию».

В-четвертых, применяемые в ИТП контроллеры позволяют реализовывать на объекте «дежурное» отопление.

Таким образом, автоматизация теплопотребления обеспечивает существенную экономию тепловой энергии, которая может достигать 50 % [1].

Для оценки экономической эффективности установки автоматизированного индивидуального пункта необходимо определить срок окупаемости инвестиций, чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации ИТП, индекс доходности инвестиций.



Рис. 1. График потребления тепловой энергии до модернизации

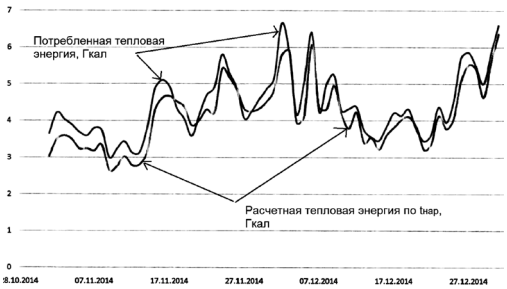


Рис. 2. График потребления тепловой энергии после модернизации

В работе сделана попытка дать такую оценку для одной из производственных баз города Казани, в которой произошла модернизация ИТП.

Были проведены анализы графиков фактического и расчетного потребления тепловой энергии (рис. 1, рис. 2). Сравнивая количественные значения потребленной тепловой энергии до и после модернизации и приведя их к единой температуре, рассчитали полученную экономию, которая составила 80,5 Гкал/год или при тарифе на тепловую энергию 1370 руб./Гкал 110285 рублей. При стоимости модернизации порядка 512000 рублей, бездисконтный период окупаемости составляет 4,6 года. Чистый дисконтированный доход при сроке службы 20 лет составляет 590000 рублей при индексе доходности инвестиций 2,132.

Таким образом, срок окупаемости инвестиционного проекта в 4,3 раза ниже срока эксплуатации и может считаться экономически целесообразным. При существенном ежегодном росте стоимости тепловой энергии, величина срока окупаемости значительно сокращается, что подтверждает вывод об экономической целесообразности проекта.

Результаты расчетов показали, что модернизация ИТП достаточно эффективна и с экономической точки зрения. Низкий срок окупаемости позволяет отнести это энергосберегающее мероприятие к быстроокупаемым.

Литература

1. Автоматизация и диспетчеризация систем теплоснабжения зданий и автоматизированные системы управления технологическими процессами [Электронный ресурс]; // URL: http://www.halax.ru/avtomatizacija-dispetcherizacija-sistem.html (дата обращения: 27.02.2015).

КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕДАЧЕ И ПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ»

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

Филимонов А.Г.,
ОАО «Генерирующая компания», г. Казань

IMPLEMENTATION OF MEASURES OF ENERGY CONSERVATION AND ENERGY EFFICIENCY AT JSC GENERATION COMPANY

Filimonov A.G.,
Generation Company, Kazan

Аннотация

Энергетический комплекс России включает около 600 крупных электростанций. Их установленная мощность 235 ГВт (для сравнения в КНР – 1300 ГВт, в США – 1100 ГВт). Доля ТЭС – 69 %, ГЭС – 20 %, АЭС – 11 %. Средний возраст оборудования 35 лет при расчетном ресурсе 30 лет.

Потенциал энергосбережения по отраслям представлен на рис. 1.

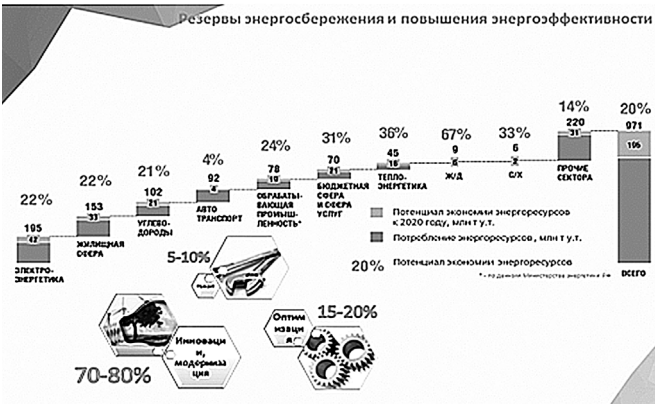


Рис. 1. Потенциал энергосбережения по отраслям

Annotation

Energy complex of Russia includes about 600 large power plants. Their installed capacity is of 235 GW (in comparison, in China – 300 GW, in the USA – 1100 GW). The share of TPP constitutes 69 %, of HPP – 20 %, of NPP – 11 %. The average age of the equipment is 35 years with a design life of 30 years.

Как видим, электроэнергетика занимает лидирующее положение по объему потребления энергоресурсов, обладая при этом немалым потенциалом ресурсосбережения в 22 %. Существенным потенциалом ресурсосбережения в 36 % обладает и теплоэнергетика.

Действующая в компании пятилетняя Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности рассчитана до 2015 года и оценивает перспективу до 2020 года. За пятилетний период 2010–2014 гг. удалось добиться значительной величины экономии энергоресурсов – порядка 200 тысяч тонн условного топлива (рис. 2).

Определяющий вклад (более 70 %) внесла оптимизация структуры производства продукции, загрузки оборудования, применяемых схемных и эксплуатационных решений. Во многом этого удалось добиться за счет оптимизации режимов работы и распределения



Рис. 2. Действующая в компании пятилетняя Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности

тепла между источниками после их объединения с тепловыми сетями в единую организационную структуру.

Доля эффекта от модернизации оборудования с внедрением новых разработок и усовершенствованных узлов основного оборудования составила около 20 %, а простой восстановительный ремонт с заменой изношенных элементов принес ожидаемо меньший эффект в 6 %.

Доля эффекта от сокращения потребления энергии на собственные нужды невелика – около 1 %, что характерно для большой энергетики, где объем собственных нужд относительно невелик по сравнению с объемом перерабатываемых энергоресурсов.

Современные технические решения, применяемые в компании в соответствии с утвержденной Технической политикой для повышения энергоэффективности, достаточно разносторонни и охватывают ключевые направления модернизации действующего оборудования, оптимизации технологических процессов и станций в целом (рис. 3).

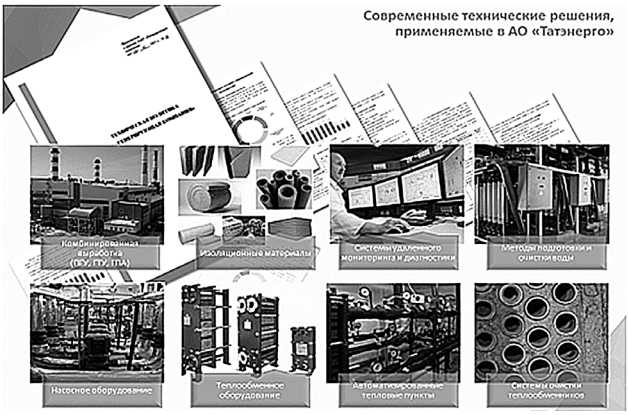


Рис. 3. Современные технические решения, применяемые в компании

Знаковым событием конца 2014 года стал ввод на Казанской ТЭЦ-2 современного высокоэффективного оборудования – двух парогазовых блоков общей мощностью 220 МВт на базе газовых турбин типа 6FA General Electric. Прогнозируется, что повышенный спрос на рынке высокоэффективной мощности ПГУ позволит восполнить сокращение востребованности старых конденсационных мощностей (Заинская ГРЭС, Набережночелнинская ТЭЦ), существенно сократив затраты топлива (до 100 тысяч тонн условного топлива в год) при аналогичном объеме производства энергии (рис. 4).



Рис. 4. Знаковым событием конца 2014 года

При этом выполнение основных программ, связанных с повышением энергоэффективности, реализовывалось в соответствии с намеченными планами, в том числе (рис. 5):

– программа модернизации химических цехов, более 60 % которых производят добавочную воду с использованием новых технологий, обеспечивая значительное сокращение опасных реагентов: кислоты и щелочи;

– оптимизация использования энергоресурсов на собственные нужды станций связана в первую очередь с оснащением электродвигателей насосного оборудования системами регулируемого привода;

– в целом в компании внедрено уже более 70 систем частотного регулирования электроприводов;

– на наиболее мощных насосных системах (питательные и сетевые насосы) внедряются гидромуфты;

– более 50 % турбинного оборудования компании модернизировано с внедрением систем шарикоочистки и сотовых уплотнений, обеспечивающих возможность максимального использования потенциала пара в турбине.

Рачительное отношение к тепловой энергии и сокращение эксплуатационных затрат обеспечивается внедрением автоматизированных тепловых пунктов с системами контроля показателей, регулирующих подачу тепла в достаточном количестве, исходя из внешних условий. Такие пункты в рамках отдельной программы внедрены на генерирующих филиалах компании. Но особенно актуальны такие мероприятия в направлениях деятельности вошедших в состав компании теплосетевых филиалов, где объемы теплоресурсов, требующих оптимизации, существенно выше, так как определяются количеством всех подключенных потребителей.

В плане дальнейшей работы по повышению эффективности работы компании рассматриваются к использованию как уже зарекомендовавшие себя направления, так и новые технические решения, позволяющие охватить весь диапазон резервов экономичности, включая энергию низкопотенциальных потоков (тепловые насосы, теплофикационные экономайзеры) и избыток тепловой мощности турбин (малые паровые аппараты), образующийся в результате тенденции ухода тепловых потребителей на собственные источники энергии (рис. 6).

Исходя из прогнозируемых объемов производства и экономического эффекта от планируемых мероприятий определены целевые показатели эффективности генерирующих филиалов, которые, для обеспечения достаточной конкурентоспособности на рынке, не будут превышать среднеотраслевой уровень (рис. 7).

Также определены целевые показатели по тепловым сетям, где основным результатом станет снижение тепловых потерь до уровня на 16 % ниже нормативных значений. Здесь упор сделан на продолжении внедрения автоматизированных тепловых пунктов и уходе от ЦТП и применении новых технологий и теплоизоляционных материалов при ремонте и реконструкции тепловых сетей (рис. 8).



Рис. 5. Результаты внедрения технических решений



Рис. 6. Инновационные технические решения, возможные к внедрению

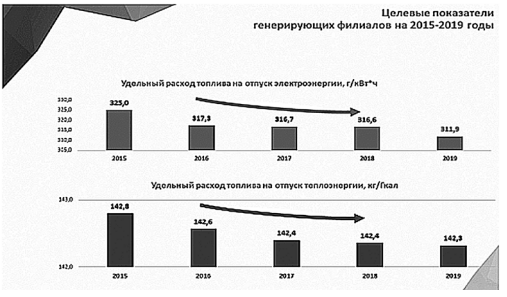


Рис. 7. Целевые показатели



Рис. 8. Целевые показатели в тепловых сетях

Достижение показателей предполагает формирование представленной на следующем слайде структуры получения экономического эффекта. При этом наибольшая доля (до 80 %) отведена модернизации станций с применением высокоэффективных парогазовых установок (рис. 9).

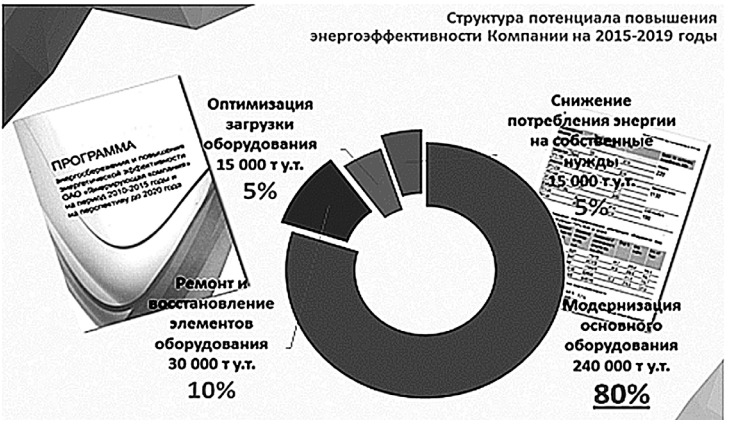


Рис. 9. Структура потенциала повышения энергоэффективности компании на 2015–2019 годы

Достижение поставленных задач во многом определяется реализацией определенных Экономическим советом при правительстве Татарстана приоритетных проектов на Казанской ТЭЦ-1, Елабужской ТЭЦ и Заинской ГРЭС (рис. 10).



Рис. 10. Приоритетные направления

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ»

Кантюков Р.Р., Тамеев И.М., Злобин А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань

ENERGY EFFICIENCY INCREASE OF LLC «GAZPROM TRANSGAZ KAZAN»

Kantyukov R.R., Tameev I.M., Zlobin A.V.,
LLC «Gazprom transgaz Kazan», Kazan

Аннотация

В статье рассмотрена актуальность энергосбережения на газотранспортных предприятиях ОАО «Газпром», изложены основные организационно-распорядительные документы в области энергосбережения, а также задачи, ежегодное выполнение которых должно обеспечиваться Обществом. Приведены основные затратные и беззатратные энергосберегающие мероприятия, реализуемые ООО «Газпром трансгаз Казань» с целью достижения целевых показателей энергоэффективности.

Annotation

Topicality of energy saving in gas transmission enterprise of LC «Gazprom» is viewed in this article, the main organization – managing documents in the energy saving branch is set out and also the tasks of every year fulfillment, which should be provided by the company. The main costly and without the cost energy saving arronyiments are showed, implemented in LLC «Gazprom transgaz Kazan» with the purpose to achieve targets of energy efficiency

Энергосбережение и ресурсоэффективность всех без исключения отраслей становятся важными направлениями в государственной экономической политике и являются приоритетными задачами Энергетической стратегии России [1].

Для Общества «Газпром трансгаз Казань», как дочернего общества ОАО «Газпром», речь идет об эффективном использовании природного газа, электрической и тепловой энергии в процессе своей деятельности.

Для транспортировки природного газа по магистральным газопроводам требуются немалые энергозатраты, поэтому газотранспортное производство является энергоемким.

Для определения энергозатрат в транспортировке газа используется понятие товаротранспортной работы. Под товаротранспортной работой, произведенной газотранспортным предприятием, понимается условная работа по перемещению единицы объема транспортируемого газа на единицу длины участка газопровода [2]. К примеру, для перекачки 1 млн нормального кубического метра газа на расстояние 1 км требуется порядка 20 кубометров природного газа. Это значение является удельным расходом газа на собственные технологические нужды.

Только за последние 10 лет объем транспортированного Обществом «Газпром трансгаз Казань» газа в центральные регионы Российской Федерации, страны ближнего и дальнего зарубежья составил более 2,7 триллиона кубических метров газа. Для этого потребовалось использовать на собственные технологические нужды (СТН) более 6 млрд кубических метров газа. Экономия даже 1 % из этого объема использованного на СТН газа составила бы более 600 млн м^3 газа. К примеру, Республика Татарстан потребляет примерно в день (условно) порядка 38-40 млн м^3 газа (14 млрд м^3 в год). То есть сбереженного газа хватило бы на 15 дней снабжения газом региона.

Энергосбережение, газоресурсосбережение является важнейшей задачей ООО «Газпром трансгаз Казань».

Организационно-распорядительные документы в области энергосбережения имеют три уровня. Федеральный уровень – это федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года для ор-

ганизаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, регламентирует обязательное наличие собственной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Следующий уровень – это основной организационно-распорядительный документ ОАО «Газпром» – «Концепции энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Газпром» на период 2011–2020 гг.».

Третий уровень организационно-распорядительных документов в области энергосбережения – это «Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ООО «Газпром трансгаз Казань» на 2015–2017 годы», разработанная согласно требованиям документов предыдущих уровней.

Реализация Программы включает в себя достижение целевых показателей энергоэффективности в магистральном транспорте газа и распределительных сетях.

Основным целевым показателем в магистральном транспорте газа является ежегодное снижение удельного потребления природного газа и электроэнергии на собственные технологические нужды Общества на 1,2 % [2,3] и ежегодное снижение абсолютного потребления природного газа, электроэнергии и тепловой энергии на собственные нужды Общества в газораспределительных сетях на величину, установленную требованиями ФСТ России [4]. В период 2011–2013 гг. в Обществе все целевые показатели энергоэффективности достигли установленных значений, что обусловлено реализацией энергосберегающих мероприятий (рис. 1).

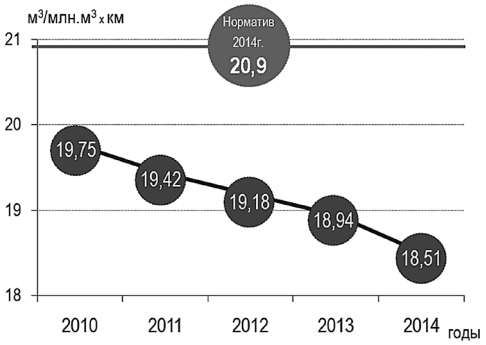


Рис. 1. Динамика изменения фактических удельных расходов газа на собственные технологические нужды

Начиная с 2002 года и по настоящее время наше предприятие регулярно на систематической основе проводит на своих объектах, силами аккредитованных при ОАО «Газпром» энергоаудиторских организаций, энергетические обследования и энергетические аудиты с составлением энергетических паспортов промышленных потребителей топливно-энергетических ресурсов.

На основании полученных рекомендаций, а также в соответствии с концепцией энергосбережения ООО «Газпром трансгаз Казань», разработанной по программе НИОКР, в Обществе ежегодно формируется и корректируется программа энергосбережения на ближайший трехлетний период, которая в свою очередь определяет инвестиционные программы Общества, программы капитального ремонта, а также ставит задачи в области эффективной эксплуатации объектов магистрального транспорта газа.

Среди затратных энергосберегающих мероприятий, осуществляемых в Обществе по программам капитального строительства и реконструкции, программам капитального ремонта, наиболее эффективными являются мероприятия по замене морально и физически устаревших газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на более энергоэффективные, в результате чего происходит существенное снижение расхода топливного газа, чья доля в энергетическом балансе Общества составляет порядка 75 %.

Помимо затратных мероприятий в Обществе реализуются беззатратные энергосберегающие мероприятия. К ним относятся мероприятия по оптимизации работы ГПА при использовании программно-вычислительных комплексов «Астра», промывка проточной части осевых компрессоров ГПА, пропарка трубных пучков аппаратов воздушного охлаждения природного газа и масла, организационно-технические мероприятия.

Среди беззатратных энергосберегающих мероприятий отдельно можно выделить мероприятия по сокращению объема стравливаемого газа при проведении ремонтных работ на линейной части магистральных газопроводов и в газораспределительных сетях Общества, такие как выработка газа, стравливаемого с технологической обвязки КЦ на топливный газ; перепуск газа из ремонтируемого участка в действующий участок параллельной нитки; срабатывание газа из отключаемых участков газопроводов на потребителя через ГРС; применение оборудования для врезки под давлением в газораспределительных сетях (рис. 2).



Рис. 2. Стравливание природного газа в атмосферу при проведении ремонтных работ на линейной части магистральных газопроводов

В Обществе активно ведется внедрение инновационных энергосберегающих мероприятий. Так, с 2009 года на объектах магистрального газопровода используется в полном объеме технология опорожнения участка магистрального газопровода при проведении ремонтных работ с использованием штатного оборудования компрессорных станций. На данную технологию Обществом получен патент на изобретение № 2362087. Экономия природного газа за 2009–2014 годы составила более 16 млн куб. метров газа на сумму 47 млн рублей. Использование данной технологии позволяет сократить до 30 % потерь стравливаемого природного газа.

Продолжением данной работы является разработка опытного образца мобильной компрессорной установки модульного типа (МКУ МТ) по программе НИОКР ОАО «Газпром». При ее проектировании используется техническое решение, на которое Обществом получен патент на изобретение № 2465486. Применение МКУ МТ позволит сократить до 90 % объема стравленного природного газа путем перекачки его в соседний участок действующей нитки магистрального газопровода и тем самым существенно улучшить экологическую обстановку.

Литература

1. Энергетическая стратегия России до 2030 года.
2. Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Газпром» на период 2011–2020 гг.
3. Приказ ФСТ России от 30.03.2012 № 214-э «Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги по транспортировке газа по магистральным газопроводам».
4. Приказ ФСТ России от 30.03.2012 № 213-э «Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги по транспортировке газа по газораспределительным сетям».

РЕКОНСТРУКЦИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-2 СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ ПГУ-220 МВТ

Гирфанов А.А., Бахтеев Б.Р.,
филиал ОАО «Генерирующая компания» – Казанская ТЭЦ-2, г. Казань

RECONSTRUCTION OF KAZAN CHP-2 WITH BUILD CCGT-220 MW

Girfanov A.A., Bakhteyev B.R.,
The branch of JSC «Generation company» – «Kazanskaya CHPP-2», Kazan

Аннотация

Строительство ПГУ-220 МВт явилось приоритетным проектом для Казани и Татарстана в целом. Объем вложений в строительство по нему составил свыше 11 миллиардов рублей. Его реализация позволила не только повысить мощности энергоузла столицы Республики Татарстан, являющиеся сегодня дефицитными, но и обеспечить потребителей более дешевой электроэнергией. В результате ввода новых мощностей снизился дефицит электроэнергии в регионе, а снижение себестоимости позволит сдержать рост тарифов и за счет полученной прибыли реализовать новые инвестиционные проекты. Доля Казанской ТЭЦ-2 в энергобалансе республики увеличилась до 20–30 %.

Annotation

Construction of SGU-220 MW appeared to be priority project for Kazan and Tatarstan as a whole. Investment in project constituted more than 11 billion Rubles. Implementation of the project allowed increasing capacity of load center (which is insufficient now) in the capital of Tatarstan, and delivering cheaper electric energy to consumers. Electrical shortage in the region decreased as the result of introduction of new capacity. Cost reduction will allow restraining energy rate increase and introducing new investment projects by means of realized profit. Share of Kazan CHP-2 in power balance of the Republic raised up to 20-30 %.

История Казанской ТЭЦ-2

Казанская ТЭЦ-2 – филиал ОАО «Генерирующая компания» – введена в эксплуатацию в 1938 году, располагается в Авиастроительном районе г. Казани по адресу ул. Тэцевская, 11. Установленная электрическая мощность – 190 МВт, тепловая – 851 Гкал/ч. Снабжает теплом Московский, Авиастроительный, Кировский и Ново-Савиновский районы г. Казани, паром – Казанский завод силикатно-стеновых материалов, Казанский вертолетный завод, ООО «НПП «Тасма».

ОАО «Генерирующая компания» реализовала на Казанской ТЭЦ-2 проект строительства 2 блоков парогазовых установок суммарной электрической мощностью 220 МВт и 140 Гкал/ч в тепловом режиме с вводом в эксплуатацию обоих блоков в конце 2014 г. Новые объекты размещены на территории станции на месте выведенных из эксплуатации и демонтируемых энергетических котлов № 3, 4, 5, 6.

Учитывая достаточный резерв по тепловой мощности, сохраняемой в работе существующей части ТЭЦ, тепловая схема ПГУ принята блочная, как наиболее простая и надежная в эксплуатации. Учитывая вышеизложенное, организация технологических связей с существующей частью ТЭЦ минимизирована до объема, необходимого для ввода в работу блока ПГУ.

Принцип работы ПГУ

Парогенератором в парогазовом блоке является горизонтальный двухконтурный котел-утилизатор (КУ), вырабатывающий пар высокого давления и низкого давления ЭМА-026КУ, ЭМА-027-КУ. Котёл-утилизатор (Е-114/16-8.1/0.7-535/218-3.8вв) спроектирован в ОАО «Инжиниринговый центр «ЭМАльянс-БСКБКУ» (Барнаул) и изготовлен на Таганрогском котлотурбинном заводе «Красный котельщик». Выработка пара высокого давления (ВД) и низкого давления (НД) и подогрев конденсата в газовом подогревателе конденсата

(ГПК) производится в КУ, а подогрев сетевой воды – в водо-водяном теплообменнике (ВВТО). Генерация пара и подогрев конденсата в КУ осуществляется за счет использования теплоты горячих выхлопных газов газотурбинной установки (ГТУ), которая является базовой частью ПГУ. Для Казанской ТЭЦ-2 была выбрана газотурбинная установка PG6111FA, номинальной мощностью 77±10% МВт производства General Electric (приведена на рис. 1).

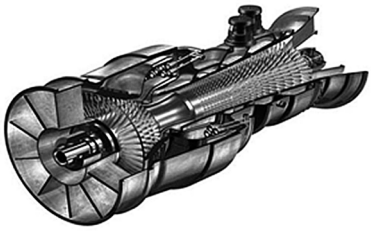


Рис. 1. Газотурбинная установка

Рассмотрим коротко основные узлы газовой турбины. На входе 17-ступенчатого осевого компрессора установлен входной направляющий аппарат (ВНА) с регулируемыми лопатками, а для исключения его неустойчивой работы (помпажа) в компрессоре установлены клапаны перепуска воздуха. При этом лопатки ВНА закрыты до полного розжига камеры сгорания (режим минимального пропуска воздуха), а клапаны – открыты. Подогрев воздуха из компрессора осуществляется в шести выносных, индивидуальных и противоточных камерах сгорания. Фронтовое устройство в торцевой крышке содержит шесть топливных горелок, а в центральной части находится узел для впрыска воды для уменьшения эмиссии окислов азота (NOx). Турбина трехступенчатая, с охлаждаемым ротором. Охлаждение всех трех дисков выполняется за счет принудительного протекания потока холодного воздуха, забираемого из компрессора и радиально направленного через пространство между дисками турбины и статором в основной поток газа. Все три сопловых аппарата и рабочие лопатки первой и второй ступени также охлаждаются воздухом из компрессора.

Лопатки первой ступени имеют конвективно-пленочное охлаждение, а лопатки второй и третьей ступени – конвективное охлаждение. Выходящие из третьей ступени газы направляются в диффузор, в котором их скорость снижается, а давление восстанавливается. Кроме компрессора, турбина через редуктор вращает электрогенератор, который используется в качестве пускового оборудования (в режиме двигателя) и управляется статическим преобразователем частоты (СПЧ). Пусковое оборудование страгивает турбину и разгоняет ее до скорости поджига топливовоздушной смеси в камере сгорания. Вначале розжиг осуществляется в двух камерах сгорания, затем горение перебрасывается в остальные четыре. Пусковое оборудование остается включенным для разгона вала генератора до самоподдерживающей скорости. Перемещение лопаток ВНА из закрытого положения в рабочее и закрытие клапанов воздуха на компрессоре означает, что газовая турбина достигла максимальной частоты вращения (режим холостого хода). Далее генератор переводится из режима двигателя в режим генератора, частота вращения генератора синхронизируется с частотой электрической сети и проводится нагружение газовой турбины.

Выхлопные газы из газовой турбины поступают в КУ (рис. 2), где вырабатывается пар высокого и низкого давления, который подается в паровую турбину (рис. 3). Теплофикационная паровая турбина КТ-36/33-7,5/0,12 номинальной мощностью 33 МВт и максимальной 36 МВт производства ОАО «Силовые машины» (ОАО «Калужский турбинный завод»). Турбина – одноцилиндровая, проточная часть состоит из 18 ступеней. Двухвенечная первая ступень является регулирующей. Камерой регулируемого отопительного отбора после 14-й ступени турбина делится на часть высокого давления (ЧВД), где парораспределение регулируется поворотной диафрагмой. Кроме того, в турбине предусмотрен промежуточный ввод пара в турбину (за 11-ю ступень) из коллектора низкого давления (КНД) КУ.

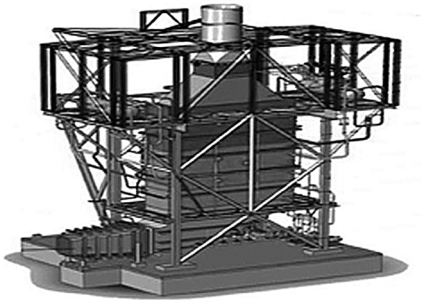


Рис. 2. Котел-утилизатор

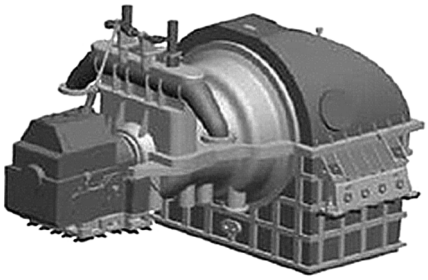


Рис. 3. Паровая турбина

Строительство ПГУ-220 МВт

В последние годы наибольшую целесообразность приобрело техническое перевооружение отечественных электростанций с использованием парогазовых технологий. Для более старых ТЭЦ в крупных городах предпочтение отдается парогазовым установкам (ПГУ) мощностью до 220 МВт с одной или двумя ГТУ. В свою очередь парогазовая установка ПГУ-220 МВт – одно из наиболее экономичных решений выработки электрической и тепловой энергии, а опыт их применения насчитывает уже не один десяток лет. Кроме того, важное значение для повышения эффективности ТЭС имеет вывод из эксплуатации старого низкоэффективного оборудования и замена его перспективным, обеспечивающим снижение затрат на производство электроэнергии и тепла, снижение расхода топлива, уменьшение выбросов в атмосферу и затрат на ремонт.

Так, к 2011 году часть основного оборудования Казанской ТЭЦ-2 фактически выработала свой ресурс. Его эксплуатация создавала риски аварий, требовала значительных средств на капитальные и текущие ремонты, что приводило к дополнительным простоям оборудования в ходе ремонтов. Это сказывалось на надежности и эффективности работы всей станции. В связи с этим встал вопрос о реконструкции станции путем создания замещающих мощностей для вывода из эксплуатации оборудования, выработавшего свой ресурс. Учитывая совокупность всех факторов, оказавших влияние на производство в целом, по программе обновления генерирующих мощностей компании было принято решение о строительстве двух блоков парогазовых установок, что предусматривало увеличение электрической мощности на 220 МВт и тепловой мощности на 140 Гкал/час, направленное на ликвидацию дефицита и обеспечение перспективного спроса потребителей на тепловую и электрическую энергию в казанском энергоузле.

В 2012 году началась подготовка площадки под здание энергоблока ПГУ (рис. 4). Для этого площадка под строительство была выровнена, обследована и подготовлена.

Всего при строительстве было использовано 24 000 кубометров бетона, более 5 000 тонн металлоконструкций, проложено 850 тонн технологических трубопроводов, порядка 200 километров электрического кабеля, 350 километров контрольно-измерительного кабеля.

Запуск нового энергоблока ПГУ-220 МВт на Казанской ТЭЦ-2

27 декабря в торжественной обстановке с участием Министра энергетики Российской Федерации Новака А.В., Президента Республики Татарстан Минниханова Р.Н., генерального директора ОАО «Генерирующая компания» Хазиева Р.М. состоялась церемония запуска нового энергоблока ПГУ-220 МВт на Казанской ТЭЦ-2 (ОАО «Генерирующая компания») (рис. 5).



Рис. 4. Площадка строительства ПГУ-220 МВт на Казанской ТЭЦ-2



Рис. 5. Церемония запуска энергоблока ПГУ-220 МВт. Хазиев Р.М., Минниханов Р.Н., Новак А.В.

Новый энергоблок ПГУ-220 МВт включен в перечень генерирующих объектов, с использованием которых будет осуществляться поставка мощности по договорам о предоставлении мощности (Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2014 № 178-р).

Технико-экономические показатели Казанской ТЭЦ-2 с вводом ПГУ-220

Таблица 1.

Технико-экономические показатели Казанской ТЭЦ-2

Наименование показателя	Факт 2014 года	Ожидаемые с ПГУ	Только ПГУ
Годовой отпуск электроэнергии, млн кВт*ч	700,4	1763,4	892,7
Годовой отпуск теплоэнергии, тыс. Гкал	1753,4	1930,9	0
Годовой расход условного топлива, тыс. тут	454,9	748,4	231,8
Удельный расход условного топлива, г/кВт*ч	333,1	298,4	276,6

За счет сокращения объемов отпуска от существующей части ТЭЦ и лучших показателей работы ПГУ, увеличение потребления топлива по сравнению с текущим потреблением будет незначительным при увеличении отпуска электроэнергии более чем в 2 раза.

РАЗРАБОТКА ОБРАТИМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Ившин И.В., Копылов А.М., Гибадуллин Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

DEVELOPMENT OF A LINEAR ELECTRICAL MACHINE

Ivshin I.V., Kopylov A.M., Gibadullin R.R.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Во многих случаях применения вращающихся машин для привода механизмов возвратно-поступательного действия и электрических генераторов, приводимых в движение от двигателей внутреннего сгорания, возникает необходимость применения устройств преобразования вращения в поступательное действие и обратно. Эти устройства являются лишним звеном, поглощающим часть полезной мощности. Для снижения потерь в возвратно-поступательных механизмах возникла необходимость создания электрических машин возвратно-поступательного действия, работающих как в двигательном, так и в генераторном режимах. Целью работы является разработка новых методических и конструктивных решений в области создания энергоэффективных электрических машин возвратно-поступательного действия, имеющих модульную конструкцию и предназначенных для привода механизмов и генерации электрической энергии и в агрессивной среде в составе автономных энергоустановок. Рассмотрены конструкции обратимых электрических машин возвратно-поступательного действия, а также перспективы их применения в качестве привода механизмов и автономных источников энергии для нужд малых децентрализованных потребителей. Разработка новых и совершенствование существующих электрических машин является актуальной задачей.

Annotation

Using a rotating machine for driving the reciprocating mechanism, and electric power generators driven by internal combustion engines, require the use of devices convert the rotation into a translation action and vice versa. These devices reduce the efficiency of the unit. To reduce losses in reciprocating the need to create mechanisms of electrical machinery reciprocating working as a motor and a generator. Linear generator free piston, which is a relatively new devices that generate electrical energy. He is of interest for hybrid automobiles, as well as for mobile and stationary electrical devices. This machine can be used as an automatic electric generator powered by different sources using different energy sources: water, gas, oil, including internal combustion engines operating on gasoline. Development of new and improvement of existing electrical devices is an important task.

В рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» Казанского государственного энергетического университета проводятся прикладные научные исследования по теме «Разработка экспериментального образца обратимой электрической машины возвратно-поступательного действия мощностью 10-20 кВт для тяжелых условий эксплуатации». Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0121.

Анализ литературных источников показал, что исторически двигатель внутреннего сгорания (далее – ДВС) со свободным поршнем известен достаточно давно и использовался ограниченно, например, в воздушных компрессорах или как генератор газов для последующей работы в турбоустановке. Однако начиная с 90-х годов XX века в мире начались исследования двигателя со свободным поршнем, в англоязычной литературе известного как Free-Piston Engine, в сочетании с гидравлическим насосом как силового агрегата авто-

мобиля, а затем и в сочетании с линейным генератором электрического тока. Генератор возвратно-поступательного движения или линейный электрогенератор со свободным поршнем (далее – линейный генератор), в англоязычной литературе известный как Free-Piston Generator, является относительно новым видом устройств, вырабатывающих электроэнергию, и представляет интерес как перспективная концепция энергоустановки для гибридного транспорта, а также для передвижных и стационарных электрических энергоустановок. Появление линейного генератора объясняется поиском оптимального промежуточного звена между классическими ДВС и «чистой» электротягой. В настоящее время эту нишу интенсивно занимает гибридный электротранспорт. Использование в гибридных схемах малоразмерного ДВС, механической трансмиссии, отдельного генератора, несмотря на оптимизацию параметров системы, является громоздким, дорогим и трудно оптимизируемым решением преобразования тепловой энергии сгорания топлива в электрическую энергию. Вместо этого предлагается использование на борту транспортного средства интегрированной силовой установки, состоящей из двигателя внутреннего сгорания со свободным поршнем и линейного электрического генератора [1].

Работа электрической машины совместно в одном корпусе с ДВС накладывает особые ограничения по температуре, которая может достигать 150 °С, что создает тенденцию для разработки конструкции, защищенной от внешних тепловых воздействий в тяжелых условиях эксплуатации. Одна из возможных конструкций линейного генератора, совмещенного в корпусе с ДВС, представлена на рисунке 1.

Рассматривать электрические машины возвратно-поступательного действия в качестве альтернативного решения для бортовых источников энергии транспортных средств стало возможным благодаря ряду важных технических событий, произошедших за последние 15–20 лет:

– ускоренное развитие силовой электроники на основе мощных IGBT транзисторов;

– разработка углубленных математических моделей электродвигателей, в частности линейных мотор-генераторов на основе редкоземельных постоянных магнитов;

– появление схемотехнической, элементной и программной базы для управления и оптимизации быстропротекающих процессов в режиме реального времени, характерных для двигателей внутреннего сгорания;

– проведение газодинамических исследований в области оптимизации сгорания топлива в ДВС (режим сгорания гомогенного топливного заряда с зажиганием от сжатия).

С другой стороны, в сфере транспортной энергетической политики укрепилась устойчивая тенденция к ужесточению экологических требований к энергетическим устройствам. Все это заставляет по-новому взглянуть на линейный генератор, как на перспективную энергетическую установку XXI века.

Кроме того, линейный генератор может быть использован на транспортном средстве в качестве демпфирующего устройства. При движении автомобиля колебания кузова передаются на шток генератора. Индуктор, жестко закрепленный на штоке, движется поступательно, что приводит к генерации ЭДС [2].

Весьма перспективным и актуальным представляется применение линейного генератора при создании так называемого «электрического вертолета», где в качестве двигателя может быть использована гибридная силовая установка на основе линейного электроагрегата, якоря которого совершают возвратно-поступательное движение, и свободно-поршневой двигатель, служащий для их привода [2].

Несмотря на сравнительно ограниченное распространение по сравнению с вращательными, разновидностей возвратно-поступательных машин не меньше, а, скорее, даже больше. Это естественно, так как основа работы и тех и других одинакова – явление электромагнитной индукции. Поэтому все виды вращательных машин имеют свои аналоги в линейном исполнении: асинхронные, синхронные, постоянного тока и шаговые. Но благодаря тому, что конструкция магнитной цепи линейной электрической машины может легко видоизменяться в зависимости от конкретных условий их использования, количество типов

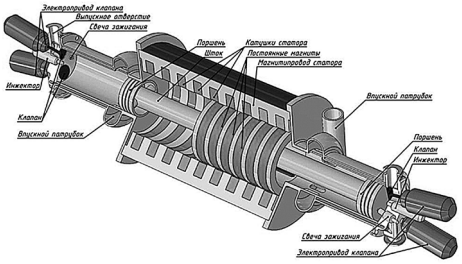


Рис. 1. Конструкция возвратно-поступательного действия на основе свободнопоршневого двигателя

линейных двигателей намного больше, чем вращательных. Они могут быть плоскими или цилиндрическими, с движущимися первичной или вторичной частями, с продольным или поперечным направлением движения подвижной части относительно направления магнитного потока, одно- и двухкоординатными и т.д.

Одна из возможных классификаций линейного генератора основана на различных исполнениях конструкции подвижного элемента, приведенных на рисунке 2:

а) подвижный элемент с подвижными катушками;

б) подвижный элемент с постоянными магнитами;

в) подвижный элемент в виде стального сердечника (коммутатора) с электромагнитным возбуждением;

г) подвижный элемент в виде стального сердечника (коммутатора) с возбуждением от постоянных магнитов [3].

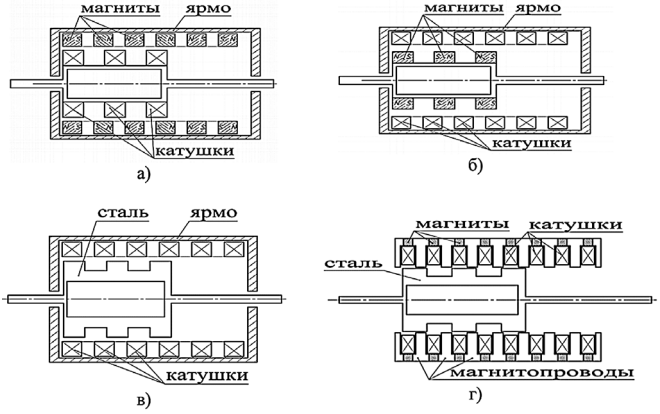


Рис. 2. Классификация линейных электрических машин по типу конструкции подвижного элемента

Выбор той или иной машины для конкретного механизма определяется его свойствами, а также режимами работы, позволяющими наиболее эффективно его использовать. Универсальных двигателей, пригодных для решения любой технической задачи, как известно, нет. Так, линейные асинхронные и синхронные двигатели применяются главным образом для перемещений до нескольких метров со скоростями 3–6 м/с, т.е. в транспортных устройствах. Линейные двигатели постоянного тока позволяют регулировать скорость в широком диапазоне, чем выгодно отличаются от асинхронных и синхронных. Вместе с тем необходимость наличия равномерного магнитного поля на всем пути перемещения якоря, а также большой воздушный зазор, внутри которого находится обмотка, требуют развитой магнитной системы [4].

Наиболее полно требованиям надежности отвечает линейный генератор с постоянными магнитами. Применение в линейных генераторах высокоэнергетических постоянных магнитов на базе редкоземельных металлов создает возможность резкого уменьшения массы системы возбуждения и позволяет получить генератор бесконтактного типа. Последнее обстоятельство является решающим в случае выбора линейного генератора в качестве источника энергии для электроэнергетических комплексов автономных объектов.

Основным преимуществом линейных электрических машин на основе свободнопоршневого двигателя перед вращательными аналогами является отсутствие дополнительной механической передачи, что при работе совместно в одном корпусе с ДВС повышает КПД механизма на 16–17 %, а также создает возможность для его применения в условиях ограниченного пространства. Данная конструкция гибридного двигателя позволяет снизить расход топлива в 3–5 раз по сравнению с традиционным ДВС, а также обладает рядом преимуществ:

– уменьшение числа движущихся деталей за счет исключения коленчатого вала и шатунов, которые входят в конструкцию ДВС;

– повышение жесткости и механической надежности конструкции двигателя;

– повышение ресурса и механического КПД двигателя вследствие отсутствия шатунов, что приводит к исключению боковых сил, действующих на зеркало цилиндра, и уменьшению трения в цилиндропоршневой группе;

– возможность динамического изменения степени сжатия в процессе работы не механическими способами, а установкой параметров системы управления;

– возможность работы с различными видами топлива;

– реализация различных режимов сгорания топлива: электроискровое зажигание смеси, организация дизельного цикла, режим сгорания HCCI;

– исключение стартера для запуска ДВС, так как вследствие обратимого действия генератора система обладает свойством самозапуска;

– снижение объема аккумуляторных батарей;

– снижение расходов на производство.

Литература

1. Духанин В.И. Автомобильный генератор возвратно-поступательного движения. Анализ конструкции. М.: МГТУ «МАМИ», 2010.
2. Cornelius Ferrari, Horst E. Friedrich: Development of a Free-Piston Linear Generator for use in an Extended-Range Electric Vehicle // Los Angeles, California: EVS26 International Battery, Hybr-id and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 2012. pp.787 – 792. (eng)
3. Высоцкий В.Е. Линейный генератор с постоянными магнитами для систем электропитания автономных объектов // Известия вузов. Электромеханика. – 2010. – № 1. – С. 80–82.
4. Сергеенкова Е.В. Синхронная электрическая машина возвратно-поступательного движения (генератор): дис. канд. техн. наук. Московский энергетический институт. – М.: 2011. – 118 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ» В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Кантюков Р.Р., Тамеев И.М., Злобин А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань

INNOVATIVE SOLUTION LLC «GAZPROM TRANSGAZ KAZAN» IN THE AREA OF GAZ SAVING DURING THE REPAIRS ON THE LINEAR PART OFF GAZ MAINS

Kantyukov R.R., Tameev I.M., Zlobin A.V.,
LCC «Gazprom transgaz Kazan», Kazan

Аннотация

В статье рассмотрены два инновационных решения Общества, позволяющих сократить потери газа при проведении ремонтных работ на линейной части магистральных газопроводов. Первое решение заключается в использовании беззатратной технологии опорожнения от газа участка магистрального газопровода при помощи использования штатного оборудования компрессорных станций, позволяющей уменьшить до 30 % выбросов природного газа в атмосферу. Второе решение является продолжением первого и заключается в более глубокой откачке природного газа из участка магистрального газопровода при помощи мобильной компрессорной установки модульного типа (МКУ МТ), создаваемой в настоящее время в ООО «Газпром трансгаз Казань» по программе НИОКР.

Annotation

Two innovative solutions are viewed in the articles, allowing to reduce the loss of gas during the repair on the linear part off gas mains. The first solution lies in the usage of without costly technology of emptying from gas the part of gas mains with the help of standard equipment of compressor stations, which helps to reduce natural gas ejection, in to the atmosphere till 90 %. The two solution is the continuation of the first, is more deep pumping gas from the part of gas main with the help of mobile compressor insulation of modular type, which is being created by LCC «Gazprom transgaz Kazan» by the NIOKR program.

При проведении планово-ремонтных работ на магистральных газопроводах опорожнение от газа ремонтируемых участков производится путём его стравливания в атмосферу, что приводит к многомиллионным потерям товарного газа и нарушению экологической обстановки в районе стравливания. Так, только из одного участка магистрального газопровода диаметром Ду1400 средней протяженностью 30 км при его опорожнении в атмосферу выбрасывается более 3 млн кубических метров газа.

Концентрированный выброс больших количеств природного газа создает зоны, где приземные концентрации загрязняющих веществ превышают установленные нормативы предельно допустимых концентраций. По замерам концентрации метана в атмосферном воздухе при стравливании через продувочные свечи установлено, что, даже несмотря на сверхзвуковые скорости выхода газа из свечи и плавучести метана в воздухе за счет существенно меньшей плотности, шлейф выброса природного газа достигает поверхности земли и средние значения концентрации метана превышают ПДК на ≈ 20 %. При этом максимум концентраций достигает более 2000 ppm на расстоянии 30 м от продувочной свечи и 132 ppm на расстоянии 80 м, при фоновом значении 2–3 ppm. Как показывают специальные обследования, рассеивание вредных веществ до неощутимых концентраций происходит в пределах 1–2 км от источника загрязнения, а дальность миграции в приземном слое атмосферы может достигать 5-8 км.

Как известно, парниковый газ метан имеет высокую степень воздействия на изменение климата. Его прямой радиационный эффект в 11 раз выше по сравнению с углекислым газом

(CO_2). Подсчитано, что 1 кг (1,395 м^3) метана наносит приблизительно в 70 раз больше вреда атмосфере, чем 1 кг (0,505 м^3) диоксида углерода.

По данным МТЭА, метан занимает второе место после углекислого газа по степени опасности для окружающей среды.

Поэтому снижение поступления метана в атмосферу является важнейшей задачей при решении глобальных проблем экологической безопасности.

ООО «Газпром трансгаз Казань» уделяет большое внимание сокращению выбросов природного газа в атмосферу при проведении ремонтных работ линейной части магистральных газопроводов, разрабатывает и внедряет инновационные решения по данной проблеме [1].

В 2008 году ООО «Газпром трансгаз Казань» разработана и запатентована технология опорожнения от газа участков МГ при проведении ППР с использованием штатного оборудования компрессорных станций (патенты РФ на изобретения № 2362087 и № 2419738 с приоритетами от 19.03.2008 и от 26.10.2009 соответственно), позволяющая уменьшить на 20–30 % выбросы природного газа в атмосферу из ремонтируемого участка МГ. Использование данной технологии в 2009–2014 гг. позволило Обществу не допустить выбросов в атмосферу и тем самым обеспечить газосбережение более 16 млн кубических метров товарного газа (рис. 1).

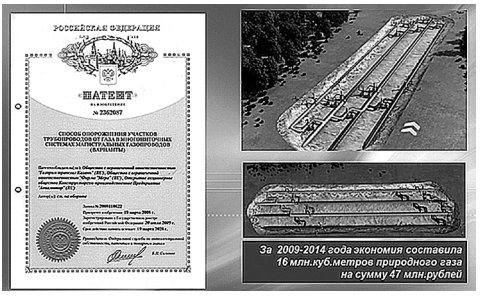


Рис. 1. Технология опорожнения участка МГ при проведении ремонтных работ (патент на изобретение № 2362087)

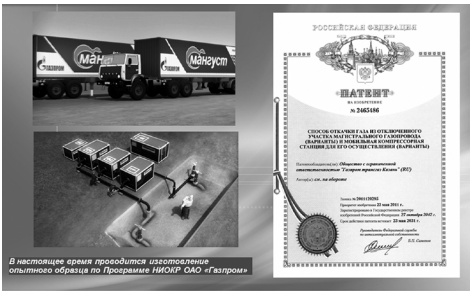


Рис. 2. Мобильная компрессорная станция модульного типа. (патент на изобретение № 2465486)

Дальнейшие инновационные решения ООО «Газпром трансгаз Казань» по рассматриваемой проблеме связаны с разработкой проекта мобильной компрессорной установки модульного типа (МКУ МТ) (рис. 2).

Идея использования мобильных компрессорных станций для перекачки газа из ремонтируемых участков магистральных газопроводов не нова, и на рынке имеются предложения МКУ как отечественных, так и зарубежных производителей.

Однако предлагаемые сегодня МКУ имеют ряд существенных недостатков, практически не позволяющих их применение при проведении ППР, а именно:

– откачка газа возможна только до остаточного давления в газопроводе порядка 13÷15 кгс/см^2;

– расчетное время перекачки (откачки) газа из освобождаемого участка газопровода диаметром 1400 мм и протяженностью 30 км с давлением 7,5 МПа (76 кгс/см^2) составляет несколько сот часов непрерывной работы МКУ, что значительно превышает временные требования к проведению ППР;

– трудности доставки МКУ к местам расположения запорно-распределительных узлов линейной части МГ по причине их большого веса и крупных габаритов, а также отсутствие подъездных путей требуемого качества;

– проблемы оперативной стыковки МКУ с элементами запорно-распределительных, разрабатываемая мобильная компрессорная станция модульного типа (МКУ МТ) позволит решить эти проблемы.

В состав МКУ МТ входят выполненные в виде отдельных модулей несколько последовательно соединенных нагнетателей, в качестве привода которых используется малогабаритный газотурбинный двигатель, изготовленный на базе авиационного двигателя, конвертированного для работы на природном газе.

Сборка каждого модуля МКУ МТ будет производиться на заводе-изготовителе и поставляться в контейнерах к месту выполнения работ. На месте выполнения перекачки газа осуществляется только стыковка модулей между собой и подсоединение их к газопроводу через продувочные свечи линейных кранов.

Габариты оборудования позволяют разместить МКУ МТ в стандартных контейнерах «Север» с максимальным габаритом (длина контейнера) в пределах 3 метров и общим весом контейнера с размещенным в нем оборудованием не более 4 тонн. Общее количество таких контейнеров не превышает 5–6 единиц для трехмодульной МКУ и 4 единиц – для двухмодульной.

Небольшой вес и малые габариты контейнеров позволяют осуществить доставку МКУ МТ на любой, даже самый труднодоступный участок местности. Возможен вариант размещения МКУ МТ в составе автопоезда. Двухмодульная МКС МТ может быть размещена в двух стандартных контейнерах «Север» длиной 12 м, шириной и высотой до 2,5 м, устанавливаемых на серийно выпускаемых полуприцепах с общим весом автопоезда (тягач, полуприцеп, контейнер с размещенным в нем оборудованием) не более 38 тонн, что позволяет осуществлять транспортировку по дорогам РФ без получения дополнительных разрешений. В особо необходимых случаях для доставки МКУ МТ может быть использован вертолет, например массово эксплуатируемый в России Ми-8.

Время и глубина перекачки (остаточное давление газа в трубе) зависят от количества модулей, установленных в МКУ МТ.

Так, например, время перекачки газа до остаточного давления в трубе 1,0 МПа (установлено техническими требованиями ОАО «Газпром») двухмодульной МКУ МТ с использованием винтовых компрессоров не превышает 60 часов.

Использование трехмодульной МКУ МТ, имеющей в составе центробежные компрессоры, позволит осуществить перекачку этого же объема газа уже за ≈ 15 часов.

Оценочные расчеты показывают, что окупаемость МКУ МТ может составить не более 2 лет для таких газотранспортных предприятий, как ООО «Газпром трансгаз Казань» в случае выполнения 10 перекачек газа из участков МГ протяженностью 30 км и Ду 1400 мм от начального давления 7,5 МПа до остаточного давления газа в газопроводе в 1 МПа.

Таким образом, использование МКУ МТ позволит снизить практически до нуля выбросы природного газа в атмосферу и кардинальным способом решить проблему экологической безопасности при проведении ремонтных работ на линейной части магистральных газопроводов, а также получить существенный экономический эффект в результате газосбережения товарного газа.

Литература

1. Кантюков Р.А. и др. Разработка технологии глубокой перекачки газа из ремонтируемых участков магистральных газопроводов с использованием мобильной компрессорной станции модульного типа. «Наука и техника в газовой промышленности» № 1 (45), 2011, с. 49–52.

АНАЛИЗ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССАХ РАЗДЕЛЕНИЯ

Звегинцев А.А.,
Исследовательский центр проблем энергетики ФГБУН КазНЦ РАН,
Кашипова Л.А., Плотникова Л.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

ANALYSIS AND ORGANIZATION OF ENERGY-EFFICIENT SECONDARY ENERGY RECOVERY IN INDUSTRIAL SEPARATION PROCESSES

Zvegintsev A.A.,
Research Center for Problems of Energy of the Russian Academy of Sciences of the Kazan Scientific Centre of the RAS
Kashipova L.A., Plotnikova L.V.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Рассмотрена возможность организации систем рекуперации вторичной энергии на основе системного анализа для промышленных процессов разделения на примере участка разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан. Получены результаты использования разработанной программы, реализующей первый этап системного анализа, который заключается в выявлении зависимостей между элементами теплотехнологической схемы, выделении замкнутых последовательностей элементов – контуров и определении оптимальной последовательности расчета схемы. Данные результаты позволят на следующем этапе системного анализа провести упрощенный последовательный расчет теплотехнологических схем для оценки эффективности теплопотребления существующей технологии.

Представлен вариант построения энергоэффективной системы рекуперации вторичной энергии на основе трансформаторов теплоты для участка разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан при получении низших олефинов.

Annotation

The possibility of the organization of secondary recovery systems-based energy system analysis for industrial separation processes on the example of phase separation of mixtures of ethylene-ethane, propylene-propane. The results obtained using the developed program that implements the first phase of system analysis, which consists in identifying dependencies between elements of the thermal scheme, the allocation of closed sequences of elements of contours and determining the optimal sequence of the calculation scheme. These results will allow the next phase of system analysis to conduct a simplified sequential calculation of technological schemes for evaluating the efficiency of heat consumption of the existing technology

Presents the option of constructing energy-efficient heat recovery secondary energy based on heat transformers for phase separation of mixtures of ethylene-ethane, propylene, propane upon receipt of lower olefins.

Промышленные процессы разделения характеризуются значительным потреблением энергии. Так, одной из технологий, включающих установки разделения, является участок разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан. На этой стадии производство включает значительное количество ректификационных колонн, являющихся крупными потребителями тепловой энергии. Разделение смесей компонентов, помимо значительной энергоемкости, характеризуется высокой кратностью орошения и большим числом тарелок ректификационных колонн [1]. На настоящий момент в Российской Федерации энергосберегающие мероприятия в процессах промышленного разделения сводятся к модернизации насадок и тарелок колонн, а также поиску оптимальных режимов разделения.

В связи с вышесказанным актуален вопрос снижения затрат энергии в системах ректификации. Возможное решение данного вопроса заключается в организации систем, использующих собственные резервы энергосбережения, в частности, в организации систем рекуперации потоков энергии выходных продуктов ректификационных колонн с применением трансформаторов теплоты. Оценить эффективность работы такой системы возможно на основе системного анализа теплотехнологической схемы промышленных процессов разделения, включающего анализ структуры внутренних и внешних связей рассматриваемого объекта, а также последующий термодинамический анализ.

Анализ структуры связей теплотехнологической схемы производства является первым этапом системного анализа и заключается в выявлении зависимостей между элементами схемы, выделении замкнутых последовательностей элементов – контуров и определении оптимальной последовательности расчета схемы. Проведение анализа структуры связей требует составления точной математической модели рассматриваемого производственного процесса, для чего составляется информационная блок-схема (ИБС). Это ориентированная графическая схема, где вершинами графа являются элементы оборудования, а дугами – технологические и энергетические потоки, параметры которых связаны балансовыми уравнениями с элементами оборудования [2, 3].

Для осуществления данного анализа на языке C# разработана программа в среде MicrosoftVisualStudio, в основе которой лежит алгоритм перемножения булевых матриц. Данная программа реализована на примере анализа структуры связей ИБС участка выделения этилена и пропилена из смесей этилен-этан, пропилен-пропан методом ректификации. Участок включает аппараты – крупные потребители тепловой энергии, такие как ректификационные колонны и теплообменники, всего на участке 25 элементов. Участок характеризуется наличием обратных потоков энергии и вещества, образующих многочисленные контуры. В ходе проведения анализа участка с использованием разработанной программы выявлено 5 контуров второго ранга, 2 контура третьего ранга, 1 контур пятого ранга, 1 контур 7 ранга. Выбраны потоки, входящие в данные контуры с наибольшей частотой, условный разрыв которых позволяет выявить оптимальную последовательность расчета схемы, то есть провести на следующем этапе системного анализа упрощенный последовательный расчет теплотехнологической схемы для оценки эффективности теплопотребления существующей технологии [3].

Процесс разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан относят к энергоемким стадиям нефтехимического производства. Здесь олефины выделяют по схемам, включающим значительное количество ректификационных колонн, являющихся потребителями тепловой энергии в виде водяного пара для обогрева кубовых частей колонн. С целью повышения эффективности энергоиспользования при промышленных процессах разделения в аппаратах колонного типа предлагается организовать систему, использующую собственные резервы энергосбережения, в частности, в виде системы рекуперации потоков энергии выходных продуктов ректификационных колонн с применением трансформаторов теплоты (ТТ).

На данный момент общемировые тенденции таковы, что ТТ в основном используются для нужд теплоснабжения жилых, общественных и производственных помещений, однако в последние годы в РФ и за рубежом наблюдается рост применения ТТ в промышленных процессах. Повышение внимания к ТТ в промышленности влечет за собой поиск оптимальных способов применения данной технологии. В частности, существует ряд исследований включения ТТ в систему рекуперации вторичной энергии в схему газоразделения близкокипящих компонентов. Принципиальные схемы применения ТТ в процессах разделения смесей следующие. Традиционная применяемая схема разделения (рис. 1, а) – это схема, в которой для образования флегмы используется в конденсаторе 2 охлаждающая вода и для получения паров внизу колонны 1 подводится в рибойлер 3 греющий пар. В данной схеме велики потери от необратимости вследствие больших разностей температур в рибойлере 3 и потери теплоты в конденсаторе 2. Для снижения термодинамических потерь обычно применяют две схемы разделения с ТТ. По первой схеме с ТТ (рис. 1, б) верхний продукт

сжимается в компрессоре 4 и используется в качестве греющего агента в рибойлере 3 для получения паров внизу колонны 1, вследствие чего он конденсируется, затем дросселируется и возвращается в качестве флегмы в колонну 1. По второй схеме с ТТ (рис. 1, в) часть жидкости из куба колонны 1 используется после дросселирования в качестве хладагента в дефлегматоре 2, обеспечивая флегмой колонну 1. Образующиеся в дефлегматоре 2 пары сжимаются в компрессоре 4 и направляются в колонну 1. Преимуществом схем разделения с ТТ является уменьшение суммарной поверхности теплообмена и снижение расхода энергии, так как при ректификации близкокипящих смесей требуются небольшие затраты на сжатие [4].

Для участка разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан при получении низших олефинов, где ректификационные колонны характеризуются наибольшими энергетическими потерями среди аппаратов участка, а значительной термодинамической мощностью обладают потоки выходных продуктов ректификационных колонн, предлагается решение вопроса снижения затрат энергии на основе применения ТТ, осуществляющих рекуперацию потоков энергии выходных продуктов (рис. 2).

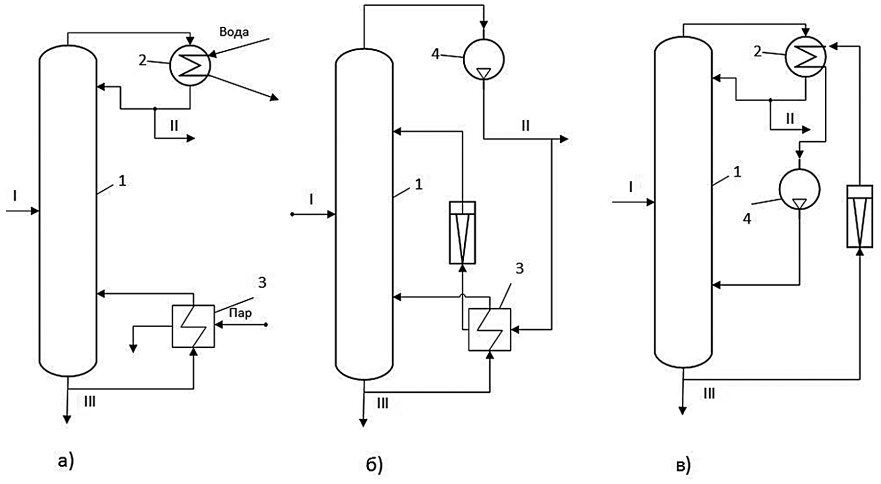


Рис. 1. Принципиальные схемы разделения близкокипящих смесей:
а – обычная схема; б – схема с ТТ на верхнем продукте; в – схема с ТТ на нижнем продукте

Условия применения технологических схем ректификации с ТТ ограничены невысокой разностью температур верха и низа колонны. В процессах разделения смесей этилен-этан, пропилен-пропан данная разность температур невелика, что обуславливает возможность реализации схем ректификации с ТТ в данных процессах. В результате включения ТТ в процессы ректификации уменьшаются потери теплоты выходных продуктов колонн, снижается потребление греющего теплоносителя, уменьшается суммарная поверхность теплообмена, что в итоге приводит к снижению себестоимости продукта [1, 4]. С целью повышения эффективности работы системы «колонна – ТТ» сама колонна может быть выполнена в виде теплообменного аппарата типа «труба в трубе», пространство внутри труб ректификационной колонны может быть заполнено насадкой, а стенки труб – иметь гофрированную форму [5].

Дальнейшая оценка условий включения различных типов ТТ в системы промышленного разделения близкокипящих компонентов и применение структурно-термодинамического анализа позволит выявить эффективный вариант системы рекуперации вторичной энергии среди альтернативных схемных решений.

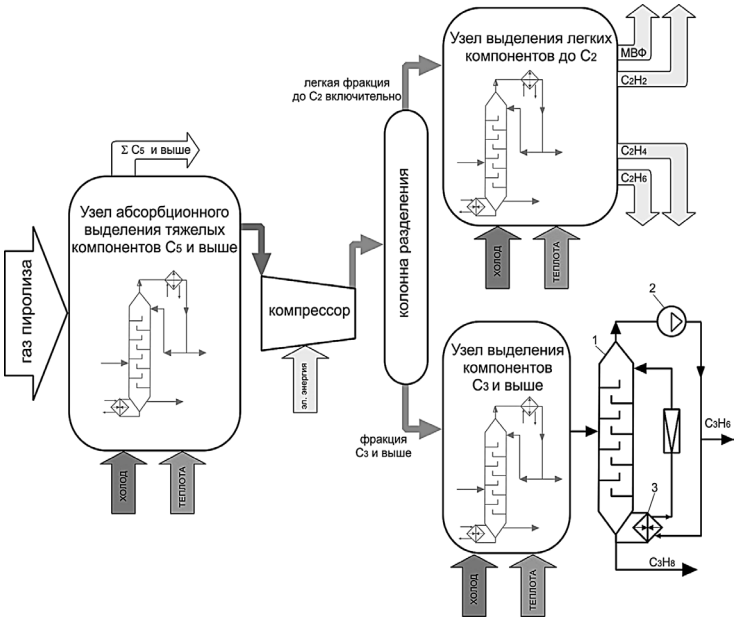


Рис. 2. Схема газоразделения в производстве низших олефинов с включением ТТ: 1 – колонна; 2 – компрессор; 3 – кипятильник; МВФ – метано-водородная фракция

Литература

1. Александров И.И., Ефремов Г.И., Брюзгинов Е.В. Применение теплового насоса в процессах ректификации // Энергосбережение и водоподготовка, 2007, № 1. – С. 33–36.
2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 512 с.
3. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 364 с.
4. Янтовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
5. Пат. № 2393904 Россия, МПК C1 B01D 3/14 B01D 3/32. Ректификационная установка / Ефремов Г.И., Александров И.А., Плотникова Л.В., Галибина Г.В. – Опубл. 10.07.2010. – Бюл. № 19.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ «ГОРКИ»

Максимов Е.Г.,
филиал ОАО «Генерирующая компания» – Казанская ТЭЦ-1, г. Казань

THE ADVANCE OF ENERGY EFFICIENCY IN THE BOILER HOUSE GORKY

Maksimov E.G.,
KTEC-1, Kazan

Аннотация

О реконструкции котельной «Горки» внедрением частотно-регулируемых приводов.

Annotation

On the reconstruction of boiler house Gorky introduction of frequency-controlled drives.

Казанская ТЭЦ-1 является источником теплоснабжения предприятий Южного промышленного района и центральной части города Казани. Установленная электрическая мощность Казанской ТЭЦ-1 220 МВт, установленная тепловая мощность 630 Гкал/ч. Котельная «Горки» включена в состав КТЭЦ-1 с 1 апреля 2005 г. Тепловая мощность котельной 200 Гкал/ч. Начиная с момента присоединения котельной повышение её энергоэффективности является одной из приоритетных задач Казанской ТЭЦ-1.

Одними из основных направлений повышения энергоэффективности котельной «Горки» являются внедрение современного высокотехнологичного оборудования, оптимизация технологического процесса производства тепловой энергии, а именно:

1. Подбор и замена существующих либо внедрение новых насосов, оптимальных существующим нагрузкам котельной (а также к нагрузкам в ближайшей перспективе). С момента ввода в эксплуатацию котельной прошло более 30 лет. Расходы сетевой воды и гидравлические режимы сетей значительно изменились. Для оптимизации расходов необходимо внедрение насосов, удовлетворяющих существующие режимы эксплуатации тепловых сетей.

2. Автоматизация процессов, внедрение станции управления двигателями на базе ЧРП для оптимизации потребления э/э при переменных сезонных и суточных тепловых нагрузках. Используя датчик давления, частотно-регулируемый привод (ЧРП) будет обеспечивать заданное давление независимо от расхода воды в данный момент. Снижение расхода приведет к уменьшению мощности, потребляемой насосом.

Насосный парк котельной «Горки» укомплектован 4 центробежными насосами СЭ-800–100 номинальной подачей 800 т/ч и напором 100 м.вд.ст., а также одним «летним» насосом марки Д630-90, производительностью 630 т/ч и напором 90 м вд.ст. При нормальной схеме котельной «Горки» в работе находятся 2-3 насоса. Расходы сетевой воды составляют 1500–2100 т/ч. Объем потребления электроэнергии сетевыми насосами за 2013 год составил 5500 тыс.кВт.ч.

Для оптимизации затрат электроэнергии сетевых насосов предлагается два этапа внедрения энергосберегающих мероприятий:

1. Установка ЧРП на сетевой насос СН № 2 (мощностью 315 кВ).

Данное мероприятие позволит снизить давление в напорном коллекторе до технологически необходимого уровня. Экономия достигается регулированием производительности сетевых насосов следующим образом: при работе двух насосов один из насосов загружается до номинальной загрузки, при которой КПД насоса максимален, а второй загружается по остаточному принципу с поддержанием минимального давления по средствам ЧРП. Тем самым исключаются потери дросселирования на напорной задвижке насоса.

2. Дооборудование котельной «Горки» дополнительным насосным агрегатом марки Д1250-63 (мощностью 315 кВ), также оснащенным ЧРП.

Для оптимизации режимов в летний период, когда тепловая нагрузка незначительна, а расходы сетевой воды велики, предлагается внедрить насос холодной рециркуляции, который будет подмешивать воду из обратной линии в подающую, для регулирования температурного режима теплосети. Благодаря установке дополнительного насоса с большей подачей и меньшим напором, нет необходимости поддерживать в работе в летний период три сетевых насоса: сетевой насос с ЧРП будет обеспечивать необходимый расход через котел, а насос холодной рециркуляции – обеспечивать циркуляцию теплоносителя.

Согласно проведенным расчетам, при фактических режимах работы котельной «Горки» годовая экономия, с условием последовательного внедрения двух этапов энергосберегающих мероприятий, в среднем составит 1244 тыс. кВт. Потенциал энергосбережения составляет около 20 % от фактических затрат электроэнергии за 2013 год.

На рис. 1 отображена существующая технологическая схема теплоснабжения котельной «Горки». Из схемы видно, что существующий насосный парк работает параллельно в напорный коллектор. К примеру, на представленном режиме при расходе теплосети 2133 т/ч. в работе находится 1 котел и 3 сетевых насоса суммарной производительностью 2400 т/ч. Регулирование давления и расхода сетевой воды по режиму теплосети осуществляется частичным открытием (закрытием) напорных задвижек обслуживающим персоналом, а также перепуском сетевой воды через перемычку между напорным коллектором и подающим тепловодом. Минусами данного режима являются недозагруженность одного из сетевых насосов и дросселирование давления через перемычку.

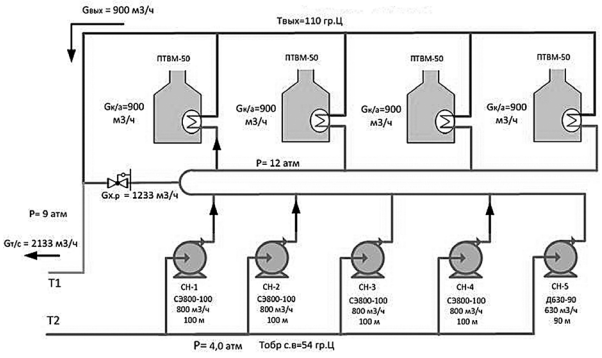


Рис. 1. Исходная технологическая схема котельной «Горки»

На рис. 2 представлена планируемая к внедрению схема котельной «Горки» с установкой двух ЧРП. Из схемы видно, что при такой реконструкции котельной регулирование теплосети происходит за счет изменения числа оборотов двигателя сетевых насосов в большую или меньшую сторону, экономится тем самым электроэнергия, потребляемая сетевыми насосами. К примеру, на аналогичном режиме в работе будут находиться 2 сетевых насоса и полностью исключено дросселирование на запорной арматуре.

Вариант подключения ЧРП представлен на рис. 3. По схеме: один ЧРП – один насос. Данное решение упрощает электрическую схему и эксплуатацию, но снижает надежность, при выводе насоса в ремонт ЧРП будет простаивать.

Но, как при любом внедрении, данная модернизация требует определенных капиталовложений. При реконструкции котельной «Горки» с внедрением двух ЧРП общая стоимость проекта, с подключением по данной схеме, составляет 6,3 млн руб.

Несмотря на затраты в 6,3 млн руб., нельзя не отметить высокую рентабельность данного проекта. По результатам расчетов выявлено, что окупаемость данного проекта составляет 1,8 года, что для таких проектов приемлемо.

На рис. 4 представлена схема подключения при возможности замещения любого из насосов, вышедших в ремонт. ЧРП может работать в паре с любым насосом. Такой проект несколько дороже, но значительно повышает надежность.

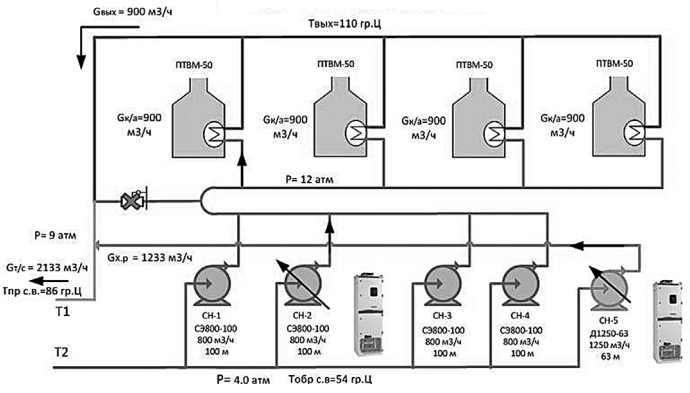


Рис. 2. Планируемая технологическая схема котельной «Горки»

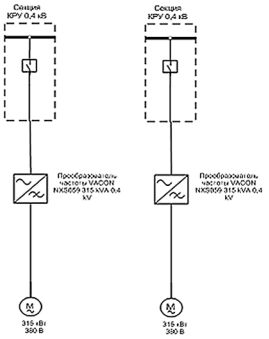


Рис. 3. Однолинейная схема подключения ЧРП, вариант 1

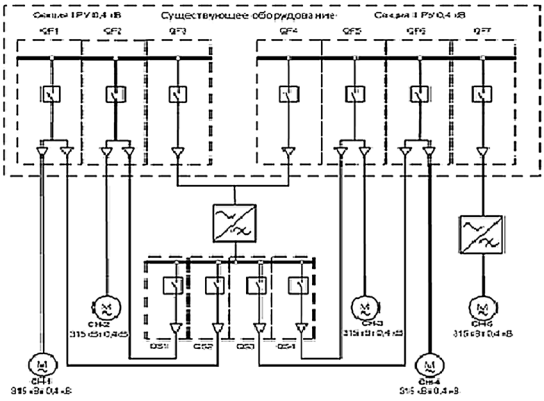


Рис. 4. Однолинейная схема подключения ЧРП, вариант 2.

При таком варианте стоимость внедрения составляет 7,7 млн руб. и окупаемость при этом будет чуть более двух лет, что также говорит о правильном вложении инвестиций в надежность и энергоэффективность теплового источника города Казани, которым является котельная «Горки».

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПРУЖИННО-ВИТЫХ КАНАЛОВ

Золотоносов Я.Д., Князева И.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

PRODUCTION OF HEAT EXCHANGE APPARATUSES OF A NEW GENERATION BASED ON SPRING – TWISTED CHANNELS

Zolotonosov Ya.D., Knyazeva I.A.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

В данной работе рассматривается технология изготовления теплообменных аппаратов на базе пружинно-витых каналов с применением лазерной сварки. Приведены данные о результатах проведенных опытных работ. Дается описание процесса лазерной сварки и методика гидравлических испытаний для проверки качества сварных швов.

Annotation

In this paper we consider the technology of manufacturing heat exchangers on the basis of spring-twisted channels with the use of laser welding. The data on the results of these experimental works. Given a description of the laser welding process and the method of hydraulic testing to verify the quality of welds.

Энергоэффективность и энергосбережение являются одними из главных направлений развития экономики РФ, так как энергоёмкость ВВП России примерно в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5–3,5 раза выше, чем во многих других странах [1]. Ограниченность и исчерпаемость сырьевых ресурсов давно уже определили остроту вопроса энергосбережения. Снижение энергоемкости производства находится в сфере интересов самих производителей, так как это одно из направлений снижения себестоимости продукции, а значит, увеличения прибыли.

Авторами данной работы разработан ряд конструкций современных теплообменных аппаратов, основанных на теплообменном элементе – пружинно-витом канале.

Прямой пружинно-витой канал представляет собой пружину круглого сечения, витки которой жестко скреплены между собой. Процесс получения таких каналов может быть реализован путем плотной намотки проволоки круглого сечения на оправку с последующим соединением витков наматываемой проволоки между собой посредством лазерной сварки. Производство пружинно-витых каналов стало возможным с внедрением лазерной сварки в отечественную промышленность. Широкое распространение применения лазеров в промышленности обусловлено гибкостью и универсальностью лазерного излучения как технологического инструмента, благодаря чему технологии лазерной обработки материалов имеют высокую технико-экономическую эффективность [2].

На базе пружинно-витого канала возможна организация производства прямых теплообменных элементов, змеевиковых теплообменных элементов с широким диапазоном конструктивных особенностей.

Как было описано выше, основной операцией при производстве пружинно-витого канала является лазерная сварка плотно намотанных витков пружины.

Технологические особенности лазерной сварки пружинно-витых каналов были описаны в работах [2–4].

В настоящее время разработана конструкция специализированного станка для сварки пружинно-витых каналов (рис. 1).

Установка для лазерной сварки витой трубы с пружинно-витым каналом состоит из лазера, оптической лазерной головки, предназначенной для лазерной сварки, и направляющих

пружинно-витой трубы. Направляющие пружинно-витой трубы снабжены устройством для плотной фиксации витков свариваемой трубы, состоящим из подвижной консоли и двух подпружиненных и установленных на ней клиновидных роликов. Механизм реверсивного вращения сваренной трубы в своем составе имеет полую трубу, связанную с реверсивным двигателем, и винтовой элемент, установленный в полости трубы, при этом винтовой элемент выполнен с шагом и профилем, соответствующими поверхности витой трубы, а рабочий сварочный элемент размещен между клиновидными роликами [5].

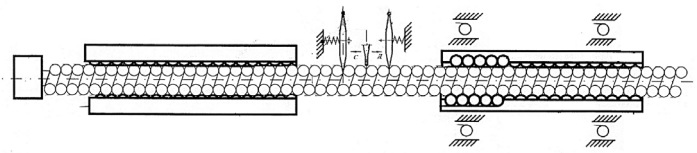


Рис. 1. Схема станка для лазерной сварки пружинно-витых каналов

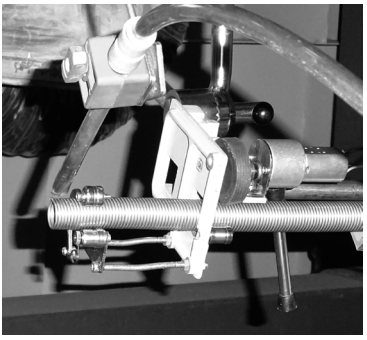


Рис. 2. Установка пружинно-витого канала в приспособлении

Корпус приспособления с роликами крепится к раме, где установлена лазерная головка, для синхронизации их движения. Установка пружинно-витого канала в приспособлении показана на рис. 2.

Контроль качества сварочных работ делится на два этапа: контроль процесса сварки; контроль качества сварного соединения.

При подготовке и в процессе лазерной сварки проверяют следующие параметры: исправность сварочного оборудования, приборов и аппаратов для контроля качества сварных соединений; качество сварочных материалов, их соответствие требованиям ТУ и ГОСТов на их поставку и наличие сертификатов. При изготовлении пружинно-витого канала проверяется чистота защитного газа – аргона; правильность сборки – зазор между витками пружины =0,1мм; чистота свариваемых кромок от окалины, ржавчины, краски, масла и т.п. Заготовка пружинно-витого канала поставляется на сварку после промывки и обезжиривания. Контроль сварных соединений включает в себя контроль наружных и внутренних дефектов сварных швов. Контроль наружных дефектов в сварных швах и околошовной зоне осуществляют путем внешнего осмотра (визуального или с применением лупы с шестикратным увеличением) и измерения их геометрических размеров. Визуальному осмотру с проведением необходимых измерений подлежат 100 % сварных швов.

По внешнему виду сварные швы не должны иметь скоплений или цепочек пор и шлаковых включений, кратеров, наплывов, прожогов, сужений, перерывов и подрезов.

Для контроля внутренних дефектов сварных швов пружинно-витых каналов (пор, трещин, непроваров) проводятся пневмогидравлические испытания. Общие методы испытаний на герметичность определены ГОСТ 24054-80 и ГОСТ 25136-82. Метод испытаний пружинно-ви-

тых каналов осуществляется компрессорным способом без применения индикаторных масс наносимых на контролируемые сварные соединения.

Для проверки качества сварных швов пружинно-витой канал с приваренными патрубками погружают в ванну с водой и заполняют его очищенным и осушенным воздухом под давлением. О негерметичности сварных швов судят по появлению пузырьков газа, исходящих из пружинно-витого канала. Наибольшее давление воздуха, подаваемое в пружинно-витой канал, Pmax=5 атм.

Схема пневматического нагружения пружинно-витого канала сжатым воздухом под давлением показана на рис. 3.

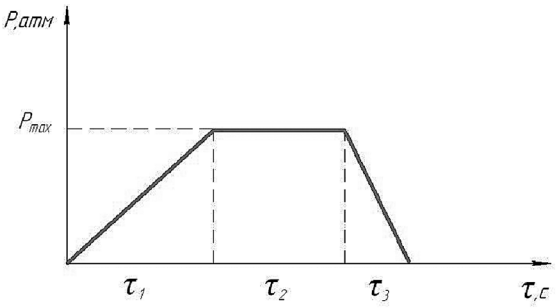


Рис. 3. Изменение давления подаваемого в пружинно-витой канал,
где P – давление сжатого воздуха, подаваемого в трубу, атм.;
Pmax – наибольшее рабочее давление воздуха, подаваемого в трубу, атм.;
τ – время, сек.;
τ_1 – время нарастания давления внутри пружинно-витого канала от 0 до Pmax;
τ_2 – время выдержки пружинно-витого канала при наибольшем давлении Pmax;
τ_3 – время снятия давления внутри пружинно-витого канала с Pmax до 0;
$\tau м = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ – машинное время испытания пружинно-витого канала

Пневмогидравлические испытания пружинно-витого канала производят при нормальном атмосферном давлении, температуре окружающей среды +17÷35 °С.

Прочность сварных швов определяют механическими испытаниями на растяжение и изгиб (ГОСТ 6996–66).

Литература

1. Задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности http://minenergo.gov.ru/activity/energoeffektivnost/problem/.
2. Чирков А.М, Князева И.А., Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д. Применение лазерной сварки для производства кожухотрубчатых теплообменных аппаратов нового поколения на базе пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (21), – С. 120–126.
3. Чирков А.М., Князева И.А., Золотоносов Я.Д.. Технологические особенности лазерной сварки пружинно-витых каналов теплообменных аппаратов // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22), – С. 240–244.
4. Князева И.А., Золотоносов Я.Д., Багоутдинова А.Г. Выбор математической модели для описания теплового процесса лазерной сварки пружинно-витых каналов// // Известия КГАСУ, 2013, № 3 (25), – С. 67–72.
5. Золотоносов Я.Д., Князева И.А. Патент на полезную модель РФ 150006 МПК B23K26/21, B23K26/70. Установка для лазерной сварки витой трубы с пружинно-витым каналом: заявка № 2014123281/02, 06.06.2014. Опубл. 27.01.2015.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Юсупов А.Р., Лотфуллин Д.Д.,
филиал ОАО «ТГК-16»-Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1), г. Нижнекамск

THE USE OF SYNTHETIC GASES AS FUEL FOR POWER GENERATION.

Yusupov A.R. Lotfullin D.D.,
TGC-16, Nizhnekamsk

Аннотация

В мировой практике накоплен значительный опыт газификации твердых топлив. Однако определенный интерес представляет газификация тяжелых остатков нефтепереработки. В условиях Республики Татарстан, где большое внимание уделяется развитию глубокой переработки добываемой нефти, данный метод позволит получить из тяжелых нефтяных фракций экологическое топливо для высокоэффективных энергетических установок, которые смогут обеспечить как промышленные предприятия, так и население тепловой и электрической энергией низкой себестоимости. В данной статье рассмотрены классификация и методы получения синтетических газов, в том числе путем газификации твердого топлива и тяжелых нефтяных остатков, а также возможные пути их использования в качестве энергетического топлива.

Annotation

In world practice considerable experience of gasification of solid fuels is saved up. How-ever a certain interest is made by gasification of the heavy remains of oil processing. In the condi-tions of the Republic of Tatarstan where much attention is paid to development of deep processing of the extracted oil, this method will allow to receive from heavy oil fractions ecological fuel for highly effective power stations which will be able to provide both the industrial enterprises, and the population with thermal and electric energy of low prime cost. In this article classification and me-thods of receiving synthetic gases, including by gasification of solid fuel and heavy oil residues, and also possible ways of their use as power fuel are considered.

Синтетический газ (синтез-газ) – смесь монооксида углерода и водорода. В промышленности получают паровой конверсией метана, парциальным окислением метана, газификацией угля. В зависимости от способа получения соотношение $CO:H_2$ варьируется от 1:1 до 1:3.

Соотношение компонентов в синтез-газе колеблется в широком диапазоне, поскольку зависит как от применяемого сырья, так и от вида конверсии – водяным паром или кислородом:

CH4 + H2O → CO + 3H2

$2CH_4 + O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2$

$- CH_2- + H_2O \rightarrow CO + 2H_2$

$2-CH_2- + H_2O \rightarrow CO + 2H_2$

Соотношение компонентов зависит также от метода и условий газификации углей. Наибольшее распространение имеет метод Лурги, по которому получается сырой газ состава: 15–18 % CO, 38-40 % H_2, 9-11 % CH_4, 30-32 % CO_2. При повышении температуры возрастает содержание оксида углерода, при повышении давления – водорода и метана. При этом наличествуют примеси инертных газов (N_2 и др.) и сероводорода, если в сырье были серосодержащие продукты. Синтез-газ проходит очистку сероводорода и диоксида углерода при помощи селективных растворителей. Соотношение между CO и H_2 при необходимости меняют конверсией оксида углерода водяным паром [1].

Первым известным человечеству способом получения синтез-газа была газификация каменного угля. Данный способ был осуществлен в Англии еще в 30-е годы XIX века и во

многих странах мира до 50-х годов XX века. Впоследствии данная методика была вытеснена методами, основанными на использовании нефти и природного газа. Однако в связи с существенным сокращением мировых нефтяных ресурсов значение процесса газификации каменного угля снова стало возрастать. К тому же, благодаря такому необходимому процессу, как переработка ТБО, ученые научились добывать синтез-газ из новых, нетрадиционных источников.

Сегодня синтез-газ используется в химической промышленности для получения различного сырья. Основными сферами применения синтез-газа являются получение оксида углерода и водорода, синтез метанола, оксосинтез, синтез Фишера – Тропша. Кроме этого, он также используется в качестве экологически чистого источника тепла и энергии. Сжигая синтез-газ, можно получить достаточно большое количество тепла, которое можно использовать в самых различных целях.

В зависимости от способа получения различают следующие виды синтетических газов.

Генераторный (воздушный) газ – газовая смесь, содержащая окись углерода CO и молекулярный водород H_2. Получают путём пропускания воздуха над раскалённым каменным углём или коксом в специальных печах – газогенераторах (КПД процесса 65-70 %). Выход из кокса 4,65 м^3/кг. Далее окись углерода смешивается с водяным паром и получается водородная составляющая генераторного газа:

$CO + H_2O \rightarrow CO2 + H_2$

Теплотворная способность генераторного газа составляет 800–1000 ккал/м^3, причём замена воздуха на кислород при его получении ведёт к значительному увеличению доли монооксида углерода и, соответственно, к увеличению теплотворной способности.

Генераторный газ применяется как топливо в металлургической, стекольной, керамической промышленности, для двигателей внутреннего сгорания, а также для синтеза аммиака [2].

Водяной газ – газовая смесь, состав которой (в среднем, об. %) CO – 44, N_2 – 6, CO_2 – 5, H_2 – 45. Получают продуванием водяного пара сквозь слой раскалённого угля или кокса. Реакция идёт по уравнению:

$H_2O + C \rightarrow H_2 + CO$

Реакция эндотермическая, идёт с поглощением 31 ккал (132 кДж), поэтому для поддержания температуры в газогенератор время от времени пропускают воздух (или кислород) либо насыщают воздухом или кислородом непосредственно водяной пар. Именно поэтому водяной газ имеет не идеальный состав 50 об. % H_2 + 50 об. % CO, а содержит другие газы (см. выше).

Продукты реакции имеют в 2 раза больший объём. Именно на это увеличение затрачивается, согласно термодинамике, значительная часть внутренней энергии реакции. Представляет интерес установка, которая извлекает эту энергию (турбинная или поршневая). Часть энергии, в виде электричества, может быть потрачена на догрев твёрдого топлива. В такой установке догрев может производиться за счёт адиабатического сжатия водяного пара.

Если генераторная установка должна питать электростанцию, то отработавшие газы могут догревать водяной пар.

Водяной газ используется как горючий газ (теплота сгорания 2800 ккал/м^3), а также применяется в химическом синтезе – для получения аммиака, метанола, высших спиртов и т. п.

Смешанный газ – газовая смесь, по составу промежуточная между генераторным и водяным газом. Состав его (в среднем, об. %) CO – 30, N_2 – 50, CO_2 – 5, H_2 – 15. Теплотворная способность смешанного газа составляет около 1300 ккал/м^3.

Смешанный газ получают одновременным продуванием смеси воздуха, обогащённого кислородом, и воды сквозь слой раскалённого угля (то есть как бы смешением методов получения генераторного и водяного газов, отсюда и название). Также смешанный газ получается при риформинге газообразных углеводородов и газификации жидких углеводородов под давлением.

Коксовый газ – горючий газ, образующийся в процессе коксования каменного угля, то есть при нагревании его без доступа воздуха до 900-1100 °C. Кроме водорода, метана, оксидов углерода, в его состав входят пары каменноугольной смолы, бензол, аммиак, сероводород и др. Парогазовая смесь выделяющихся летучих продуктов (до 25 % от общей массы перерабатываемого угля) отводится через газосборник для улавливания и пе-



реработки. Для разделения летучие продукты охлаждают впрыскиванием воды (от 70 °С до 80 °С), при этом из паровой фазы выделяется большая часть смол, дальнейшее охлаждение парогазовой смеси проводят в кожухотрубчатых холодильниках (до 25–35 °С). Конденсаты объединяют и отстаиванием выделяют надсмольную воду (аммиачная вода) и каменноугольную смолу. Затем сырой коксовый газ последовательно очищают от аммиака и сероводорода, промывают поглотительным маслом (для улавливания сырого бензола и фенола), серной кислотой (для улавливания пиридиновых оснований). Очищенный коксовый газ (14–15 % от общей массы перерабатываемого угля) используют в качестве топлива для обогрева батареи коксовых печей и для других целей.

Состав коксового газа может изменяться в зависимости от вида угля и температуры карбонизации. Типичные показатели:

- водорода 51 %;
- метана 34 %;
- окиси углерода 10 %;
- этилена 5 %.

Используется как топливо в промышленных печах, газовых двигателях, как сырье в химической промышленности [3].

Доменный газ – отходы в виде газа, образующиеся во время выплавки чугуна в доменных печах. Является в основном продуктом неполного сгорания угля. Химический состав доменного газа в случае выплавки чугуна на каменноугольном коксе: 12–20 % CO_2; 20–30 % CO; до 0,5 % CH_4; 1–4 % H_2; 55–58 % N_2. Теплота сгорания доменного газа приблизительно 3,6–4,6 МДж/м^3 (850–1100 ккал/м^3). При обогащении дутья кислородом содержание азота в газе снижается и соответственно этому возрастает количество других газов (в том числе окислы углерода и водорода), а также теплота сгорания.

Первые попытки использования доменного газа как топлива на металлургических заводах были проведены французом Фабер дю Фором в 1832 году. В 1886 году Ф. Люрман предложил использовать доменный газ для газовых двигателей на воздуходувных станциях. В 1889 году на бельгийском заводе «Серен» была введена в строй первая доменная газовоздушная машина. Сегодня используется на металлургических заводах как топливо в воздухонагревателях, коксовых и мартеновских печах (в смеси с коксовым газом), газовых двигателях, в паровых котлах [4].

Имеется мировой опыт утилизации синтетических газов. Так, например, на заводе Profusa SA в Бильбао (Испания) при производстве кокса как побочный продукт образуется коксовый газ с высоким содержанием водорода. С августа 1995 года коксовый газ сжигается в 12 газовых двигателях GE Jenbacher, которые производят 7164 кВт электрической мощности. Выхлопной газ используется для производства пара на технологические нужды. Двигатели были адаптированы для работы на 100 % коксового газа, 100 % природного газа или смеси коксового/природного газа (60/40). Аналогичный проект утилизации коксового газа с содержанием водорода H_2 до 70 % реализован на заводе Industrial Quimica del Nalon, S.A в Сама-де-Лангрео (Испания), на котором установлено два двигателя JMS-620 с общей электрической мощностью 3 МВт. Двигатели адаптированы для работы как на коксовом газе, так и на смеси в любой пропорции с природным газом, при этом переход на другой состав газа может проводиться без остановки двигателя.

На одном из крупнейших на Украине предприятии ОАО «Алчевский металлургический комбинат» (АМК) для повышения надежности электроснабжения комбината и максимальной утилизации газообразных отходов основного производства в Алчевске построена когенерационная установка мощностью 303 МВт, предназначенная для утилизации доменного и конвертерного газов Алчевского МК и коксового газа Алчевского КХЗ. Поставленное Sumitomo и Mitsubishi оборудование имеет КПД 45 % и позволяет регулировать нагрузку парогазовой установки от 0 до 100 % [5].

На некоторых зарубежных нефтеперерабатывающих заводах промышленно освоена газификация тяжелых нефтяных остатков для выработки электроэнергии и пара на парогазовых установках. Данные об итальянских ПГУ с газификацией нефтяных остатков приведены в таблице 1 [6].

Таблица 1.

Сравнительный анализ итальянских ПГУ с газификацией нефтяных остатков

		ISAB	Sarlux	API	Sannazaro
Год ввода в эксплуатацию		2000	2001	2002	2006
Поставщик энергетической части		Ansaldo	GE	ABB	Ansaldo
Мощность, МВт		520	545 (3x184)	280	250
Коэффициент использования мощности, %	первый год третий год	61 93	55 90	66 94	- -
Топливо		асфальт	смолы вайсбрекинга		остатки
Тип газификации		Тексако		GE	SHELL
Охлаждение газов		охлаждающей водой			котел для выработки пара

Предварительная оценка возможности применения синтез-газа в энергетике Татарстана показывает возможность достижения высоких показателей экономичности и экологичности даже на существующих энергетических котлах благодаря высокой реакционной способности одного из основных компонентов – водорода. При использовании газотурбинных и парогазотурбинных технологий может быть достигнута степень эффективности, превосходящей характеристики действующих паросиловых установок.

Литература

1. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др. – М.: Советская энциклопедия, 1995. – Т. 4 (Пол-Три). – 639 с.
2. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1 (Абл-Дар). – 623 с.
3. Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7 .
4. Українська радянська енциклопедія. У 12-ти томах. / За ред. М. Бажана. – 2-ге вид. – К., 1974–1985.
5. http://news.metalweb.ru/news/day-2010-01-22/ , «Бесполезные» газы. «Русмет». 22 января 2010.
6. http://www.combienergy.ru/nts18.html. Применение газификации углей в электроэнергетике.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Банникова А.А.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

THE METHODICAL APPROACH TO THE ESTIMATION OF PROJECTS OF MODERNIZATION OF THE ELECTRONETWORK ECONOMY

Bannikova A.A.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Аннотация

Электроэнергетическая отрасль имеет стратегическое и целевое значение для экономики в целом. В зависимости от степени электрификации отдельные субъекты отрасли развиваются особым образом. Ярким примером является Нижнекамский энергетический узел, развитие которого во многом зависит от степени обеспеченности данного узла электроэнергией, ввиду высокой энергоемкости нефтегазовой и химической отраслей. Проводя параллели с подобными регионами можно сделать закономерный вывод о высоких мультипликативных свойствах электроснабжения для экономики. Однако необходимо заметить, что электроэнергия, потребляемая как крупными предприятиями, так и рядовыми потребителями, может иметь различное происхождение по месту генерации. В настоящее время электросетевыми компаниями, наряду с иными участниками отрасли, используется простой методический инструментарий управления инвестиционными проектами. Автором предлагается методический подход, основанный на комбинированном определении эффективности проектов.

Annotation

The electropower branch has strategic and target value for economy as a whole. Depending on electrification degree branches separate subjects develop in a special way. A vivid example is the Nizhnekamsk power knot which development in many respects depends on degree of security of the given knot the electric power, in view of high power consumption of oil and gas and chemical branches. Drawing parallels with similar regions it is possible to conclude a natural conclusion about high multiplicate properties of an electrical supply for economy. However it is necessary to notice that the electric power consumed, both the large enterprises, and ordinary consumers can have a various origin in a generation place. Now the electronetwork companies, along with other participants of branch use simple methodical toolkit of management by investment projects. The author the methodical approach based on combined definition of efficiency of projects is offered.

Дифференциация регионов на наличие собственных генерирующих мощностей и неспособность обеспечивать собственные нужды в части электроэнергии и мощности актуализирует роль предприятий электросетевого хозяйства в обеспечении дефицитных энергетических зон за счет перераспределения избыточной генерации из соседних регионов и различных энергетических узлов внутри региона. В данной связи необходимо обратиться за примером к Казанскому энергетическому узлу, который является дефицитным ввиду высокой концентрации энергоемких производств. Для электроснабжения данного энергетического узла используется электроэнергия, доставляемая от подстанции 500 кВ Елабужских электрических сетей.

Отличительной характеристикой электроснабжения данного узла является нарастающая степень устаревания и износа основных средств электросетевых организаций. Устаревшее оборудование, вышедшее из строя, характеризуется риском возникновения ущерба от недоотпуска электрической энергии, что не раз подтверждалось возникновением аварий на казанских и нижнекамских подстанциях. Минимизация и устранение ущерба осуществлялось за счет остановки производственных мощностей, сопровождающейся дополнительными затратами

на пусконаладочные работы, которые оказывают существенное влияние на экономику и инвестиционную привлекательность региона.

Одной из важных проблем электроснабжения региона является процедура подключения потребителей к электрическим сетям. Так, присоединение потребителей не может осуществляться спонтанным образом, а должно быть точно спрогнозировано и определено с целью реализации наиболее эффективной схемы подключения. Результаты практических исследований показали, что нередко требуется принятие управленческих решений по расширению подстанции или реконструкции электрических сетей, которые являются, как правило, капиталоемкими объектами [2]. В этой связи реализация проекта развития требует рассмотрения вопросов прогнозирования спроса на электроэнергию и подключения в разрезе потребителей различного уровня напряжения. Данная проблема является крайне острой и требует развития методических основ оценки эффективности проекта [1].

Важно отметить, что наиболее важное свойство электросетевых компаний заключается в зависимости их от текущего состояния генерирующих мощностей в регионе. Это означает, что даже в условиях острого дефицита электроэнергии в регионе он будет покрыт за счет мощностей соседних регионов.

В данной связи возможным является обеспечение собственных потребностей региона в электроэнергии независимо от наличия суверенной генерации.

Таким образом, размещение мощных подстанций может являться достаточно мощным инструментом развития местности, что вкупе с иными инструментами регионального развития позволит реализовывать крупные инфраструктурные и отраслевые проекты. В настоящее время электросетевые компании, наряду с иными участниками, используют в практике формирования инвестиционных программ развития методический инструментарий, представленный в приказе Министерства энергетики РФ от 24 марта 2010 г. № 114 «Об утверждении формы инвестиционной программы субъектов электроэнергетики, в уставных капиталах которых участвует государство, и сетевых организаций».

Данный инструментарий, на наш взгляд, не учитывает множества факторов, специфичных для отрасли, а именно: производственные риски, высокую длительность инвестиционных проектов, а также необходимость учета общесистемных эффектов для оценки совокупной эффективности от реализации проектов. Также в рамках тарифного регулирования Минэнерго предоставляются государственные услуги по утверждению инвестиционных программ для электросетевых организаций, которые верифицируются и оптимизируются в соответствии с тарифными ограничениями. Результаты проводимых нами исследований показали, что данные подходы могут лишь косвенным образом оценить эффективность инвестиционной деятельности компании.

Особым методом оценки и реализации инвестиционных проектов является RAB (RegulatoryAssetBase) – регулирование инвестированного капитала системы долгосрочного тарифообразования, основной целью которого является привлечение инвестиций в развитие и модернизацию инфраструктуры. Мировая практика показала, что регулирование тарифов в электросетевом комплексе на основе методологии RAB имеет ряд преимуществ для электросетевых компаний и потребителей по сравнению с действующей системой «затраты плюс». Компании в системе RAB получают гарантированный возврат инвестиций и доход на инвестиции, достаточный для обслуживания кредитов и получения прибыли. Кроме этого, они получают стимул к снижению издержек, так как сэкономленные средства остаются в компании в отличие от применяемой исторически в России системы «затраты плюс». С точки зрения потребителей достоинствами системы RAB являются повышение надежности энергоснабжения и качества предоставляемых услуг за счет новых инвестиций.

Данный метод оценки и ценообразования является наиболее прогрессивным с точки зрения способа возврата вложенных средств. Однако для большинства компаний RAB-регулирование неприменимо ввиду существенных ограничений, а именно длительного срока реализации инвестиционных проектов (35 лет) и невыполнимых требований к объемам инвестиционной программы для региональных сетевых компаний.

Таблица 1.

Критерии оценки эффективности инвестиционных проектов развития и модернизации сетевых предприятий

Группы критериев	Показатель	
	Наименование	Характеристика
Экономическая эффективность	Изменение дохода	Эффект оказывает влияние на изменение денежного потока проекта через увеличение валовой выручки (определяется на основе прогнозных экономических характеристик основных показателей деятельности объекта)
	Изменение издержек	Эффект оказывает влияние на изменение денежного потока через сокращение эксплуатационных издержек (включает изменение издержек на осуществление ремонта оборудования и изменение затрат на покупку электроэнергии, приобретаемой в целях компенсации потерь [3])
	Изменение издержек при возникновении аварийных ситуаций	Эффект осуществляется через оценку величины запаса финансовой прочности
	Изменение затрат на выплату обязательных платежей и штрафов	Эффект служит характеристикой экономических последствий нарушения нормативных требований ОИВ (включает в себя прогнозное изменение обязательных платежей и штрафов)
	Изменение необходимой валовой выручки в связи с ростом амортизационных отчислений	Эффект оказывает влияние на изменение денежного потока через увеличение тарифа и необходимой валовой выручки (основан на амортизационных отчислениях и нормативах рентабельности основной деятельности субъекта)
Системная надежность	Изменение издержек при возникновении аварийных ситуаций	Эффект оказывает влияние на изменение денежного потока (отражает альтернативную стоимость локализации аварий и проведения восстановительных работ на объекте, учитывает технические параметры и срок эксплуатации оборудования, а также экономические характеристики последствий возникновения отказов оборудования)
Общесистемная эффективность	Надежность энергоснабжения потребителей электрической сети	Эффект отражает величину потерь от недовыработки товарной продукции для экономики региона (учитывает величину недовыпуска товарной продукции по основным потребителям сети, которые могут нести убытки вследствие недоотпуска электроэнергии на основе технических параметров и сроке эксплуатации оборудования, а также экономические характеристики последствий прекращения электроснабжения потребителей)
	Энергоснабжение растущих потребностей в мощности и электроэнергии потребителей электрической сети	Эффект оказывает влияние на снижение ущербов потребителей за счет покрытия дефицита мощности (отражает альтернативные затраты (ущербы) потребителя без строительства дополнительных объектов генерации)

Инвестиционные проекты в отношении каждой отдельной группы потребителей характеризуются различным объемом инвестиционных вложений, рисков и технических мероприятий, которые в вышеперечисленных методиках учтены в абсолютных значениях. Также при разработке методического обеспечения инвестиционного планирования и его обоснования необходимо учитывать рисковую компоненту деятельности электросетевых организаций, а также требуемый уровень надежности для конкретного энергетического узла.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, следует отметить, что предлагаемые методики не содержат рекомендаций по выбору проектов, углубленной оценке эффективности реализации инвестиционных проектов

На наш взгляд, формирование критериев выбора проекта может осуществляться исходя:

– из характеристик экономической эффективности – выбирается проект, обладающий наибольшей привлекательностью для собственников компании;

– из требований к надежности энергетического узла – выбирается проект, характеризующийся наибольшим приростом надежности, ввиду установленных требований к энергоузлу, данные проекты не всегда являются эффективными, но реализуются ввиду их общественной значимости. Примером могут являться сочинская Олимпиада, Универсиада в Казани и пр.;

– из требований к дальнейшему развитию территории – выбирается проект с наибольшей величиной общесистемных эффектов, то есть те проекты, мультипликативный эффект от которых для экономики региона наиболее значим.

Как правило, проекты отбираются по принципу комбинирования критериев: так, подстанция 500 кВ в Елабуге обеспечивает системную надежность Казанского и Нижнекамского энергоузлов, а также обеспечивает электроэнергией потребности свободной экономической зоны «Алабуга». В таблице 1 нами представлены показатели, характеризующие каждый вариант критериализации решения. Важно отметить, что показатели, представленные ниже, должны быть выражены в денежных величинах и оценены с применением инструментов финансовой оценки.

Литература

1. Васильев О.В. Анализ инвестиционной деятельности региональной распределительной сетевой компании в условиях реформы отечественной электроэнергетики// Известия государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 2009, № 99. – С.64–67.
2. Романов В.В. Методические основы оценки эффективности использования основных средств предприятий электрических сетей //Вестник Оренбургского государственного университета, 2007, № 11. – С. 159–165.
3. Банникова, А.А., Мызникова М.Н. Методический подход к определению эффективности модернизации производственного оборудования предприятия // Материалы Международной научно-практической конференции «Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в экономике, управлении проектами, педагогике, праве, истории, культурологии, языкознании, природопользовании, растениеводстве, биологии, зоологии, химии, политологии, психологии, медицине, филологии, философии, социологии, математике, технике, физике, информатике, градостроительстве» – НОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт проектного менеджмента», 2014. – С.15–17.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Миллер М.В., Новиков В.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

PROBLEMS OF APPLICATION OF COMPOSITE INSULATORS IN ELECTRICAL HIGH VOLTAGE

Miller M.V., Novikov V.F.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В работе обсуждаются вопросы применения композитных изоляторов в электроустановках высокого напряжения. Показано, что при изготовлении полимерных изоляторов наиболее перспективным является использование силиконовой резины, для изучения свойств которой ее необходимо модифицировать за счет введения различных добавок.

Annotation

The paper discusses the application of composite insulators in electrical high voltage. It is shown that in the manufacture of polymer insulators most promising is the use of silicone rubber, for studying the properties of which, it must be modified by the introduction of various additives.

Как известно, в последнее время производство и применение композитных изоляторов в электроустановках высокого напряжения неуклонно расширяется. Это связано в первую очередь с тем, что основное достоинство композитных изоляторов заключается в их более хороших электрических характеристиках, стойкости к вандализму, относительно малому весу, удобстве транспортировки и монтажа, возможности использования в компактных электроустановках, а также хорошей работоспособности в условиях загрязнения окружающей природной среды. Кроме того, композитные изоляторы имеют хороший внешний вид, низкую стоимость и возможность их получения на основе силиконовых полимерных материалов. Композитные изоляторы могут оказаться незаменимыми в условиях сильного загрязнения окружающей среды, так как в результате их хорошей самоочищаемости и гидрофобности поверхности не требуется применение очистки в процессе эксплуатации.

Важным стимулом организации производства композитных материалов являются относительно небольшие капиталовложения, которые не сопоставимы с затратами на строительство заводов для производства стеклянных или керамических изоляторов. При этом основным сырьем для производства композитных изоляторов является силиконовая резина, преимуществом которой является ее низкая гидрофобность, а также более низкие токи утечки. Силиконовая резина способна восстанавливать свою поверхностную гидрофобность в результате ее временной утраты, например, после перекрытия дугой. Это позволяет передавать водоотталкивающие свойства силикона слою загрязнения на поверхности изолятора, что приводит к довольно низким токам утечки в условиях сильного загрязнения и увлажнения. Полимерные изоляторы обычно получают литьем под низким и высоким давлением, экструзией и полимеризацией при повышенных температурах.

Для повышения прочности силиконовых изоляторов в них вводятся различные добавки, в качестве которых используют инертные пористые материалы, а также кремнийорганическую кислоту. При этом высокая эластичность и упругость силиконов практически не зависит от температуры вулканизации. Силиконовая связь Si-O способствует высокой температурной стойкости готового изделия, высокое сопротивление силы воздействия окружающей среды, озона, ультрафиолетовых излучений и коронного разряда. При модификации силиконов оксидом аммония наблюдается улучшение сопротивления материала эрозии, так как количество низкомолекулярных компонентов является достаточным для восстановления

поверхностной гидрофобности в течение всего срока эксплуатации полимерных изоляторов.

Для испытания изоляторов на основе силиконовой резины обычно применяют метод длительного приложения напряжения в альтернативных вариантах, к которым относятся:

– метод чистого тумана, подаваемый на предварительно загрязненный изолятор, находящийся под высоким напряжением;

– метод соленого тумана, когда чистые изоляторы включают под напряжением, а затем начинается увлажнение туманом с различным содержанием соли.

Как правило, для изготовления изоляторов в силиконовую резину вводят различные добавки, которые улучшают качество конечной продукции. Так, например, в работе [1] с этой целью используется резиновая смесь, которая состоит из метилвинил силиконового каучука, аэросила, цинковых белил, красного пигмента железоокисленных, пылевидного кварца, кизельгура, органической перекиси и кремнийорганического соединения, содержащего алкокси-группу. В качестве антиструктурирующего агента данная композиция содержит продукт взаимодействия октаметилциклотетрасилоксана с тетраэтокси силоксаном.

Получены также резиновые смеси на основе высокомолекулярного метилвинилсилоксанового каучука, которые используются для получения полимерных изоляторов для высоковольтных линий электропередач, в которую дополнительно вводят полиметилгидридсилоксановую жидкость, содержащую активный водород. Это приводит к образованию более плотной и совершенной вулканизационной сетки при более низкой температуре вулканизации [2].

Таким образом, введение в резиновую смесь различных ингредиентов позволяет получать полимерные композиции с улучшенными техническими характеристиками, которые являются перспективными материалами для получения полимерных изоляторов.

Литература

1. Копылов В.М., Донцов А.А., Юровский В.С., Буханов А.М., Савицкая В.К., Коморницкий Н.В., Перфильева Н.В., Приходько П.Л., Горшков А.В., Касьянова И.Н. Резиновая смесь. Авт. свид. № 1225237, опубл. 13.03.84.
2. Салихов Н.Х., Лебедев Е.П., Бабурина В.А., Калмыкова В.Я., Хакимуллин Ю.Л., Ишкаев Р.К., Закиров Р.Р., Садыков И.И., Рахматуллин А.Ш., Габайдуллин Н.Н. Резиновая смесь на основе высокомолекулярного метилвинилсилоксанового каучука. Патент Российской Федерации № 2224774, опубл. 27.02.2004.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Будникова И.К., Чернобровкин Е.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

COMPUTER SIMULATION MONITORING THE CONDITION OF OVERHEAD POWER LINES

Budnikova I.K., Chernobrovkin E.A.,
Kazan state power engineering University, Kazan

Аннотация

Для оперативного прогнозирования состояния воздушных линий электропередачи (ЛЭП) разработан алгоритм компьютерного моделирования режимов эксплуатации с учетом климатических условий. Программа для ЭВМ, реализующая данный алгоритм, получила свидетельство о государственной регистрации и позволяет выполнять мониторинг передающей способности воздушных ЛЭП.

Annotation

For operational forecasting of overhead power lines (transmission lines) the algorithm of the computer simulation modes of operation, taking into account clkimatic conditions. The computer program that implements this algorithm, received a certificate of state registration and allows montoring of the transmission capacity of overhead transmission lines.

Состояние воздушных линий электропередачи и отдельных элементов линий в период срока службы подвержено существенным изменениям, которые происходят в результате физического старения, воздействия различных эксплуатационных и климатических факторов, реализации мероприятий по ремонту и реконструкции. Для анализа эксплуатационной готовности, оптимизации обслуживания, оценки максимальной передающей способности воздушной ЛЭП необходимо располагать точными и объективными данными о состоянии линий. К числу наиболее современных и эффективных методов получения достоверной информации о состоянии конструктивных элементов ЛЭП относятся технологические мероприятия воздушного инструментального обследования (периодического мониторинга) технического состояния линий [1].

Основной задачей обследования является верификация технического состояния линий электропередачи с целью обоснования возможности существенного повышения их пропускной способности для решения проблемы растущего уровня энергопотребления в условиях различных технологических ограничений.

В этих условиях максимальное повышение пропускной способности существующих линий является практически единственным реальным средством обеспечения растущих требований электроснабжения потребителей.

Организация успешной и эффективной работы предприятий электрических сетей в современных условиях требует систематической, квалифицированной и профессионально организованной информационной поддержки. Актуальность такой поддержки существенно возрастает в условиях происходящих в последние годы изменений в сфере регулирования энергетического рынка, смены форм собственности, смены поколений персонала предприятий электрических сетей, проводимой во многих предприятиях структурной перестройки системы ремонта и обслуживания электрических сетей.

Старение элементов воздушных ЛЭП и электрооборудования ПС создает предпосылки для увеличения потока отказов, повышает значение более тщательного контроля технического состояния и анализа данных о составе и характеристиках установленного оборудования.

Возможность эффективного решения этих проблем существенным образом связана с технологией и результатами мониторинга состояния элементов линий, в первую очередь состояния и положения проводов ЛЭП. В число проектируемых параметров каждой ЛЭП входят номинальные и максимально допустимые токовые нагрузки, характеризующие пропускную способность

линии [2]. Однако в процессе длительной эксплуатации нередко возникает необходимость повышения пропускной способности линии, обусловленная оперативной обстановкой в сети (например, при повреждении или плановом отключении одной или нескольких линий) либо перспективой подключения новых энергоемких потребителей и невозможностью или нецелесообразностью строительства новых линий.

Увеличение токовых нагрузок вызывает зависящий от метеорологических условий (температуры воздуха, солнечной радиации, скорости и направления ветра) рост температуры нагрева проводов, следствием которого является уменьшение габаритов проводов до земли, до пересекаемых объектов, до коммуникаций и прочее.

Одним из важнейших условий обеспечения безопасной работы воздушной ЛЭП является сохранение во всех режимах работы сети нормируемых габаритов проводов до земли и различных объектов. Очевидно, что мониторинг положения проводов (включая габариты до земли и пересекаемых объектов), температуры нагрева проводов и токовой нагрузки составляют важные компоненты оперативного контроля технического состояния и управления режимами работы ЛЭП. Однако мониторинг репрезентативных метеорологических данных в ряде случаев может представлять определенные трудности и, кроме того, связан со значительными затратами.

Тенденция к концентрации мощностей объясняется тем, что с их ростом снижаются относительные затраты на сооружение электростанций и уменьшается стоимость вырабатываемой электроэнергии. Размещение же мощных электростанций производится с учётом целого ряда факторов, таких, например, как наличие энергоресурсов, их вид, запасы и возможности транспортировки, природные условия, возможность работы в составе единой энергосистемы и т.п. Из-за чего часто такие электростанции оказываются существенно удалёнными от основных центров потребления электроэнергии. А спрос на электроэнергию и ее распределение продолжает расти с беспрецедентной скоростью.

Одним из известных методов решения данной проблемы является прокладывание большего количества линий электропередачи.

К сожалению, добавить к уже существующей сети новые линии передачи или распределения электроэнергии не так-то просто. Этот процесс может потребовать для своего завершения нескольких лет, не говоря уже о значительных затратах. Также не стоит забывать и о пагубном воздействии данного метода на окружающую среду.

В данной работе предлагается обратить внимание на метод управления передачей электроэнергии, основанный на применении датчиков и технологии мониторинга внутри сетей. Он заключается в том, что мощность, передаваемую по воздушной линии, можно увеличить до значения, при котором температура провода повышается до предельно допустимого уровня. При этом важно ограничить мощность величинами, при которых механическая прочность проводов сохраняется в допустимых пределах [2]. Другими словами, в зависимости от свойств окружающей среды температура проводника при одной и той же передаваемой мощности оказывается различной. Из-за чего передаваемая по проводам мощность может быть увеличена до большего или до меньшего предела. То есть необходимо контролировать уровень тока и температуру проводов по всей трассе и в соответствии с реальным состоянием линии динамически регулировать уровень передаваемой мощности.

Для этого был разработан алгоритм, реализованный в программе [3], который рассчитывает значение мощности, подаваемое на линии электропередачи, в зависимости от различных технологических и климатических факторов, при которых температура воздушных носителей будет находиться в допустимых пределах. При расчете учитывается температура окружающей среды, ветер, со скоростью которого связан коэффициент конвективного теплообмена, вклад солнечной подсветки, влияние которой может сформировать ложный сигнал.

Особенностью является то, что использованная в алгоритме математическая модель позволяет контролировать уровень тока и температуру проводов по всей трассе, и в соответствии с реальным состоянием линии динамически регулировать уровень передаваемой мощности. Решение является универсальным для всех типов линий электропередач, так как программа позволяет моделировать технологические и климатические параметры ЛЭП.

Результаты компьютерного мониторинга могут быть представлены в разных форматах: таблицей (таблица 1), диаграммой (рис. 1), отчетом в Excel и других, в зависимости от исследуемой задачи и удобства анализа материала.

Таблица 1.

Результаты расчета допустимых значений тока

Температура, °К	Значение тока, (А) при скорости ветра					
	0 м/с	5 м/с	10 м/с	15 м/с	20 м/с	25 м/с
230	1626	1833	2048	2236	2404	2556
240	1516	1720	1902	2060	2218	2358
250	1414	1570	1758	1906	2042	2168
260	1314	1472	1622	1756	1860	1992
270	1218	1364	1470	1612	1722	1824
280	1126	1252	1362	1472	1572	1656
290	1032	1144	1244	1338	1442	1506
300	932	1034	1122	1204	1270	1350
310	838	921	996	1066	1132	1190

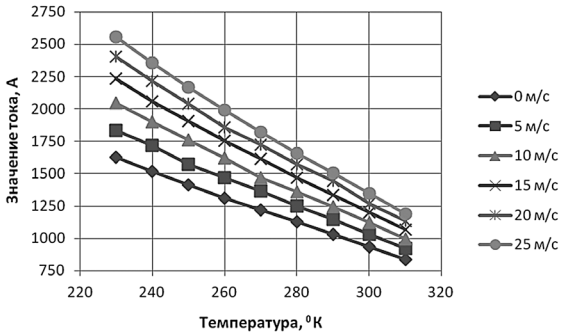


Рис. 1. Зависимость значений тока от температуры и скорости ветра

Таким образом, разработанный алгоритм компьютерного моделирования позволяет:

– организовать мониторинг температуры и тока проводов с минимальными затратами;

– выполнить оперативный анализ влияния токовой нагрузки и метеорологических параметров на температуру провода;

– получить информацию для принятия решения о допустимой продолжительности перегрузки линии;

– провести анализ допустимого приближения к пределу термической устойчивости проводов.

Предприятия электрических сетей, располагающие подобными данными, получают возможность предпринимать обоснованные и целенаправленные действия по повышению надежности ЛЭП, совершенствовать тактику и стратегию обслуживания линий, оценивать обоснованность произведенных затрат на обслуживание, ремонт или реконструкцию.

Располагая данными мониторинга тока и температуры провода, персонал диспетчерской службы получает средство оперативного контроля и управления, необходимое в условиях предельно допустимого повышения нагрузки.

Литература

1. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. – Новосибирск: Наука, 2009. – 136 с.
2. ГОСТ 839-80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. [Электронный ресурс]; // http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_83980_Provoda_neizolirova.html (дата обращения 15.09.2014).
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015611169 от 26 января 2015 г.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК (ДГУ) В СИСТЕМЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Кантюков Р.Р., Сафиуллин А.Х., Гимранов И.Р.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань

ENERGY EFFICIENCE OF DETANDER-GENERATING SET (DGS) IMPLEMENTATION IN GAZ DISTRIBUTION SYSTEM IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Kantyukov R.R., Safiullin A.H., Gimranov I.R.,
LLC «Gazprom transgaz», Kazan

Аннотация

Внедрение ДГУ в системе газораспределения вызвано следующими причинами:

– необходимость исполнения требований законодательства в области энергосбережения и повышения энергоэффективности;

– необходимость исполнения природоохранного законодательства;

– необходимость повышения надежности энергоснабжения;

– оптимизация перетоков мощности от точек генерации до потребителя.

В настоящий момент целевая структура электроэнергетической отрасли сформирована. Бизнес в электроэнергетике разделен на генерацию, передачу электроэнергии, сбыт, диспетчерское и «биржевое» управление. При этом отрасль имеет ряд стратегических проблем, которые до настоящего времени не разрешены:

– применение для конечных потребителей не экономически обоснованных тарифов за счет наличия перекрестного субсидирования в отрасли;

– значительные потери электрической энергии в распределительных сетях напряжением 10-0,4 кВ;

– наличие договоров последней мили у распределительных сетевых компаний;

– значительные перетоки мощности от генерирующих станций до потребителей;

– перебои в подаче электроэнергии на отдаленные объекты, как ГРС, из-за обрыва и обледенения проводов и выход из строя трансформаторов.

Annotation

The DGS implementation in gas distribution system is caused by following reasons:

– the necessity of fulfillment of the conservation legislation;

– the necessity to increase power reliability;

– power flow optimization from generation point to the consumer.

At the moment target structure of electric power branch is formed. Business in electric power branch is divided into generation, power transmission, sale, dispatching a «exchange» control. Where in the branch has a row of the strategic problems, which are not solved art this moment:

– the use for consumers economically not grounded tariffs at the expanse of crossed subsidization in brunch;

– significant loss of electric power in distribution network with voltage 10-0,4 kW;

– availability of last miles contracts of distributions networks companies;

– significant power flows from generating station to the consumer;

– power outages on distant object such as distribution station due to brake a icing of the wires a transformer failure.

Актуальность

Обеспечение энергоэффективности и требований природоохранного законодательства требуют от компаний реализации мероприятий на достижение целевых показателей по экономии энергоресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду. По-

тенциал энергосбережения, реализуемый в рамках беззатратных мероприятий, в большинстве компаний исчерпан, все передовые организации находятся в поисках новых технологий, внедрение которых позволит достичь максимального положительного экономического результата по объемам внедрения и окупаемости.

Одним из инновационных решений, позволяющих достичь значительного интегрального эффекта по экономии энергоресурсов, снижения негативного воздействия на окружающую среду, сокращения объемов капвложений при необходимости технологического присоединения к электросетям, снижения перетоков мощности, является внедрение ДГУ на объектах газораспределительных сетей.

В настоящее время отечественная промышленность освоила серийное производство детандер-генераторных установок, удовлетворяющих современным международным требованиям и технологическому режиму газораспределительных сетей и потребителей электроэнергии. В России производство ДГУ освоено ФГУП «Турбонасос», ОАО «Калужский турбинный завод», ОАО «Криокор», ЗАО «Научно-производственная компания «НТЛ».

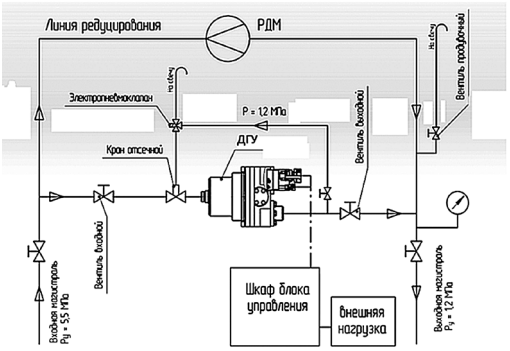


Рис. 1. Схема газораспределительной станции с использованием ДГУ

В типовой схеме газораспределительной станции (рис. 1) снижение давления происходит в дросселирующих узлах редуцирования и является прямой потерей потенциальной энергии потока. На турбодетандере основная часть электроэнергии вырабатывается за счет использования потенциальной энергии природного газа на турбине детандера на стадии его дросселирования от давления магистрального газопровода, 30–75 кгс/см^2, до давления газораспределительной сети, 1–12 кгс/см^2, т.е. детандерные установки включаются в технологические циклы с дросселированием газа на различных газораспределительных станциях и газораспределительных пунктах, где процесс дросселирования заменяется на процесс расширения газа в ДГУ. По оценкам специалистов ООО «ВНИИГАЗ», совокупная потенциальная энергия дросселируемых потоков природного газа на территории РФ составляет около 10 млрд.кВт.

На территории Республики Татарстан эксплуатируется 179 ГРС и 3745 ГРП. Наиболее перспективными объектами для внедрения ДГУ являются ГРС и ГРП с часовым расходом не менее 20 тыс.м^3/ч. В рамках рассмотрения перспективы применения ДГУ определены 14 ГРС и 8 ГРП в крупных городах республики, что обеспечивает гарантированный прием электрической мощности, совпадение размещения ДГУ как центра генерации и потребителя, соответственно минимальные перетоки электрической мощности (табл. 1).

Суммарная средняя электрическая мощность внедрения ДГУ на ГРС и ГРП на всей территории республики оценивается в 62 МВт.

В рамках инвестиционного строительства ООО «Газпром трангаз Казань» реализует пилотный проект в применением ДГУ на двух ГРС производства ООО «НПП «Авиагаз-Союз+» на газопроводе-отводе к г. Иннополис. Данный проект не предусматривает использования всей потенциальной энергии редуцирования газа на ГРС, а в первую очередь направлен на отработку

Таблица 1.

Объекты для внедрения ДГУ

Наименование	Тип агрегата		Количество		Среднегодовая расчетная характеристика выбранного детандера	
ГРС Альметьевская	MTG450		2		0,7	
ГРС № 1 Заинская	MTG450		2		0,7	
ГРС-3 Нижнекамская	Нитка 1 ПЭГА-300	Нитка 2 ПЭГА - 1200	1	1	0,2	1,0
ГРС № 1 Наб. Челнинская	Комбинированная 1,5МВт		1		1,3	
ГРС № 2 Наб. Челнинская	Комбинированная 2,0 МВт		1		1,9	
ГРС № 2 г. Заинск	ПЭГА 1200		2		2,1	
ГРС № 2 Нижнекамская	ДГА6000ВД		2		6,6	
ГРС№ 3 Наб. Челнинская	ДГА-6		1		4,1	
ГРС Лениногорская	Комбинированная 1,5МВт		1		1,3	
ГРС Бугульминская	MTG450		2		0,7	
ГРС Уруссинская	MTG450		2		0,6	
ГРС № 1 Казань	ДГА1000ВД		1		0,6	
ГРС № 3 Казань	Нитка 1 MTG54	Нитка 2 MTG450	2	2	0,08	0,8
ГРС № 5 Казань	ДГА 2500ВД		2		4,2	
ГГРП-2 Елабуга	ПЭГА 100		1		0,2	
РС-1 Казань	ДГА-2500НД		1		1,8	
РС-2 Казань	ПЭГА -300		1		0,3	
РС-7 Казань	ДГА-6000НД		1		1,8	
РС-7а Казань	ПЭГА-300		1		0,3	
РС-8 Казань	ДГА- 12		2		11,8	
ГГРП -1 Набережные Челны	ДГА- 2500НД		1		0,7	
ГГРП -2 Набережные Челны	ДГА- 2500НД		1		0,9	
ИТОГО					44,68	

технологий и режимов ГРС в паре с ДГУ. Расчетная мощность ДГУ ГРС-1 и ГРС-2 г. Елизаветино 5 кВт, что достаточно для покрытия нагрузки собственных ответственных потребителей ГРС и обеспечивает особую группу 1 категории надежности систем автоматики, аварийной вентиляции, систем пожарогазообнаружения и технологической связи.

ДГУ представляет собой изделие, состоящее из нескольких узлов (блоков) повышенной заводской готовности, предусматривающие ускоренный монтаж и проведение пусконаладочных работ на месте эксплуатации (рис. 2).

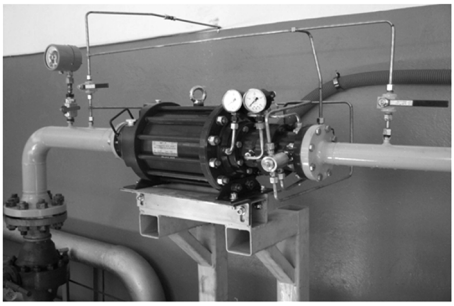


Рис. 2. Внешний вид ДГУ

ДГУ состоит из турбодетандерного агрегата (ТДА) и системы автоматического управления (САУ), в комплект поставки также включается: комплект монтажных частей (арматура для обвязки по газу, комплект силовых кабелей и кабелей управления, принадлежности для монтажа), комплект ЗИП и комплект эксплуатационной и исполнительной (сопроводительной) документации.

ТДА состоит из турбогенератора со смонтированным на его корпусе оборудованием: регулятор оборотов, отсечной клапан с участком входного газопровода и контрольно-измерительные приборы с отсечной арматурой и импульсной обвязкой.

САУ состоит из блоков полной заводской готовности.

В состав аппаратной части САУ входят:

- программируемый контроллер (промышленный компьютер);
- панель управления ДГУ;
- выпрямитель зарядный;
- блок аккумуляторных батарей;
- инвертор (преобразователь напряжения постоянного тока в напряжение переменного тока промышленной частоты);
- коммутационный аппарат с функцией АВР.

Категория технологического отсека, где размещается ТДА, по взрывопожарной опасности – А.

Категория отсека, где размещается САУ, по взрывопожарной опасности – В3 (или В4).

Ввиду небольших размеров турбодетандерный агрегат и САУ интегрированы в состав как блочных, так и стационарных ГРС без дополнительных капитальных затрат, не создают помех в обслуживании оборудования. Конструктивные решения, принятые в ТДУ, позволяют его использование со штатной системой подогрева газа перед редуцированием и не требуют дополнительных устройств подогрева.

Турбодетандерный агрегат устанавливается в технологическом отсеке ГРС параллельно одному из регуляторов давления. Для случая, когда в составе ГРС турбодетандерные установки будут использоваться и как базовый источник электроснабжения и как резервный, второй турбогенератор можно будет устанавливать параллельно первому.

Автоматическая система выполнена в виде напольного шкафа и устанавливается в операторной.

Использование подобных агрегатов позволяет не только отказаться от энергопитания от внешних сетей, но и повысить надежность обеспечения газом населенных пунктов и промышленных предприятий региона.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Медведева Г.А., Ахметова Р.Т.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

USE OF WASTE HEAT POWER IN THE PRODUCTION OF RESOURCE-SAVING MATERIALS

Medvedeva G.A., Akhmetova R.T.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Исследовано влияние активирующей добавки хлорида титана при утилизации отходов теплоэнергетики методом пропитки силикатных бетонов в серном расплаве. Показано, что использование модифицирующей добавки хлорида титана, улучшающей реологические свойства серного расплава, существенно повышает прочностные, водостойкие и теплоизоляционные свойства получаемых материалов, что позволяет расширить область применения разработанных материалов и использовать их в качестве теплоизоляции в наружных стенах.

Annotation

The influence of adjuvants additives titanium chloride in technology of utilization of heat waste by concrete silicate insulating in the sulfur melt is investigated. It is shown that the use of modifiers titanium chloride improves the rheological properties of molten sulfur, significantly increases the strength, water-resistant and heat-insulating properties of the resulting materials, which allows you to expand the scope of the developed materials and use them as a heat insulation in exterior walls.

В России ежегодно образуется около 12,11 млн т серных отходов нефтегазового комплекса при обессеривании нефти и газов. В процессе сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях образуется огромное количество золошлаковых отходов [1, 2]. Они занимают значительные территории (около 200 тыс. га), являются источником загрязнения воздушного и водного бассейнов и увеличивают минерализацию грунтовых вод. Количество золошлаковых отходов от типовой ТЭЦ составляет порядка 1,6–1,7 млн т в год. Если учесть, что около 70 % всей электроэнергии в стране вырабатывается при сжигании твердого топлива, а количество ТЭЦ в стране увеличивается, то рост золошлаковых отходов будет продолжаться и, следовательно, возрастет их отрицательное воздействие на экологию. Масштабы переработки твердых отходов угольных теплоэлектростанций на сегодня крайне низки, и утилизация золошлаковых отходов (ЗШО) становится уже не столько вопросом экономии материальных ресурсов, сколько актуальной проблемой безопасности населения страны.

Большой практический интерес представляет исследование возможностей массового использования золошлаковых смесей в качестве заполнителей и наполнителей в бетоны различного назначения [3–5]. Это обусловлено как зерновым и химическим составом, так и физико-механическими характеристиками отходов ТЭЦ. Получаемый бетон имеет пористую структуру и может использоваться как теплоизоляционный материал. Однако он имеет низкие прочностные и водостойкие свойства. Решить вопрос повышения прочностных и эксплуатационных свойств можно использованием пропиточной технологии.

Известно, что обработка пористых строительных изделий пропиточными уплотняющими составами позволяет повысить прочность и плотность материала и тем самым продлить срок службы конструкций. Сера, как материал для пропитки, обладает рядом положительных свойств: относительно низкой температурой плавления 112,8–130 °С, низкой вязкостью расплава ($6{,}5 \cdot 10^{-3}$ Па·с), после его кристаллизации достаточной механической прочностью, гидрофобностью, высокой водо- и химстойкостью [6]. Расплав серы способен глубоко прони-

кать в поры различного диаметра, в том числе капилляры, и в процессе кристаллизации, при последующем охлаждении, прочно соединяться с матрицей. При этом образуется конструкционный материал с взаимопроникающей структурой. Движущей силой процесса пропитки является работа адгезии. Скорость пропитки увеличивается с ростом поверхностного натяжения и снижением вязкости жидкости, что наблюдается и в реальных системах. Поскольку с повышением температуры вязкость снижается более интенсивно, чем поверхностное натяжение, нагрев жидкости интенсифицирует ее миграцию в капиллярно-пористое тело. При этом жидкость должна хорошо смачивать поверхность твердого тела, в противном случае пропитка не происходит. Отсюда следует, что наиболее эффективны для пропитки хорошо смачивающие цементный камень жидкости с высоким поверхностным натяжением и низкой вязкостью.

Использование модификатора, улучшающего реологические свойства серного расплава, позволит добиться глубокого проникновения серы в материал. К таким веществам можно отнести хлорид титана [6], который, являясь электрофильным агентом, способствует разрушению связей в серной молекуле, «разбивает» ее на короткие радикалы и влияет таким образом на вязкость серного расплава.

Основной целью данного исследования является разработка метода утилизации техногенных золошлаковых и серных отходов при получении силикатных теплоизоляционных материалов с применением модификатора хлорида титана для улучшения реологических свойств серы.

Исследования показали, что серный расплав в присутствии $TiCl_4$ способствует понижению вязкости серного расплава в температурном интервале от 120 до 160 °С. Выше 160 °С вязкость серного расплава начинает незначительно увеличиваться. Это подтверждает наше предположение, что $TiCl_4$ способствует формированию в серном расплаве более коротких (S_4 и S_6) радикалов, обеспечивающих более низкую вязкость по сравнению с чистым серным расплавом, в котором радикалы представлены главным образом S_8.

Образцы цементного бетона с различным содержанием ЗШО в составе смеси (33, 66, 100 % масс.) были пропитаны в серном расплаве с содержанием 1 % и 5 % модификатора тетрахлорида титана ($TiCl_4$). Оптимальным временем пропитки было выбрано время 60 мин. температурой пропитки – 130–150 °С.

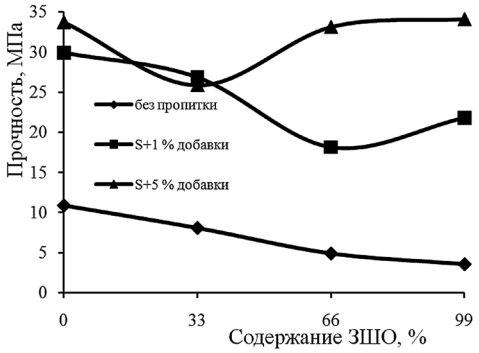


Рис. 1. Прочность при сжатии образцов бетона при различных условиях пропитки и процентном содержании ЗШО

Результаты испытания по определению прочности на сжатие (рис. 1) показывают, что прочность образца цементного бетона с высоким содержанием ЗШО уменьшилась в 3 раза по сравнению с образом чистого цементного бетона, что обусловлено увеличением пористости материала. По сравнению с исходными образцами цементного бетона прочность пропи-

танных в серном расплаве повысилась. Водопоглощение образцов, пропитанных в модифицированном серном расплаве, уменьшилось в 2,5 раза по сравнению с непропитанными образцами и составила 2 %, что соответствует требованиям ГОСТ. Эти результаты можно объяснить тем, что сера проникла в поры образцов, заполнив пустоты, и создала защитный слой, тем самым в несколько раз увеличив водостойкие свойства бетона, а также образцов, модифицированных золошлаковыми отходами. Плотность образов также уменьшается с увеличением количества ЗШО в составе образцов.

Испытания на теплофизические свойства (рис. 2) показали незначительное уменьшение теплопроводности образцов с повышением в них доли золошлаковых отходов с 0,3493 до 0,1152 Вт/м °С для образцов цементного бетона и с 0,155 до 0,1392 Вт/м °С для образцов, пропитанных серным расплавом. При исследовании структуры образцов цементных бетонов, пропитанных в модифицированном серном расплаве, выявлено, что пропитка прошла не по всему объему, а лишь поверхностно на глубину 400–500 мкм.

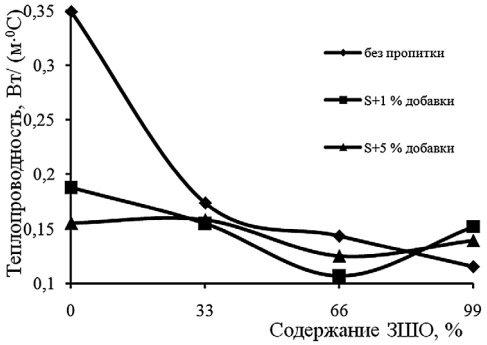


Рис. 2. Зависимость теплопроводности образцов бетона от процентного содержания ЗШО

Это обусловлено тем, что при добавлении модификатора в расплав происходит процесс быстрого гидролиза тетрахлорида титана с образованием $TiOHCl_3$, $Ti(OH)_2Cl_2$, $Ti(OH)_4$, титанил хлорида или метатитановой кислоты. Продукты гидролиза, откладываясь на поверхности образцов, затрудняют процесс проникновения атомов серы в структуру цементного камня. Рентгенофазовый анализ поверхностного слоя образца показал, что он состоит в основном из кристаллических фаз – ромбической серы, гипса $CaSO_4$, сульфида кальция CaS, силикатов и алюминатов кальция Ca_3SiO_5, Ca_2SiO_4, $Ca_3Al_2O_6$, Ca_3AlFeO_2, этрингита $Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH)_{12}\ 26H_2O$.

Таким образом, при введении модификатора – хлорида титана уменьшается вязкость серного расплава, происходит повышение пропитывающей способности расплава в более широком температурном интервале, а на поверхности бетона формируется более плотный защитный слой.

Введение в состав цементного бетона золошлаковых отходов позволяет улучшить теплоизоляционные свойства бетона, что объясняется формированием высокопористой структуры. Такие материалы имеют крайне низкую прочность и высокое значение водопоглощения, что делает их непригодными для использования в качестве теплоизоляционных материалов в строительстве. Технология получения защитного водостойкого и упрочняющего покрытия на бетоне методом пропитки в серном расплаве, модифицированном хлоридом титана, существенно повышает прочностные, теплоизоляционные и водостойкие свойства материалов, что позволяет расширить область применения разработанных материалов, например, в качестве теплоизоляции в наружных стенах.

Литература

1. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачева А.И. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С. 16–18.
2. Путилин Е.И., Цветков В.С. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. – М.: Изд-во Союздорнии, 2003. – 60 с.
3. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1989. – 342 с.
4. Ананьев В.М., Левченко В.Н. Использование золы-уноса в качестве добавки при производстве тяжелого бетона // Строительные материалы – 2006. - № 11. – С. 32–33.
5. Иванов И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций. – М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
6. Юсупова А.А., Ахметова Р.Т., Хацринов А.И. Повышение водостойких свойств композиционных материалов пропиткой в модифицированном серном расплаве // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 17. – С. 102–106.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Низамов Л.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

AUTOMATED SYSTEM FOR OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF THE POWER PLANT

Nizamov L.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Излагается постановка задачи оптимизации режимов работы электростанций в современных условиях оптового рынка электрической энергии и мощности. Представляется программный модуль для решения рассматриваемой задачи. Описывется спектр возможностей системы, а также интерфейс.

Annotation

Worded problem statement optimization of modes of power plants in modern conditions of the wholesale market of electric energy and power. It seems a software module for solving the above problem. Describes range of system capabilities and interface.

Введение

На сегодняшний день в соответствии с принципами функционирования энергетической отрасли, сформировавшимися в результате её реформирования и появления ОРЭЭ и М, энергогенерирующие предприятия рассматриваются как источник получения экономической выгоды, т.е. собственник такого объекта заинтересован в получении максимальной финансовой прибыли от его эксплуатации.

Кроме этого, правительством РФ принят ряд законодательных актов, предписывающих повышение энергоэффективности топливно-энергетического комплекса.

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности работы электростанции является направление оптимизации режимов работы оборудования. Перспективность данного направления аргументирована тем, что, во-первых, даже самое технически совершенное оборудование может не дать желаемого экономического эффекта при его нерациональной эксплуатации, во-вторых, тем, что направление оптимизации является на порядки менее капиталоёмким по сравнению с направлением технического перевооружения.

Представляемая в данном докладе автоматизированная система предназначена для оптимизации режимов работы всех основных типов тепловых электростанций, а также для ГЭС.

Математическая модель

Математическая модель системы строится на основе типовых характеристик оборудования станции.

В качестве исходной целевой функции алгоритма оптимизации может быть использована одна из двух зависимостей:

- коэффициент полезного действия станции [1];
- общий маржинальный доход станции [2].

При этом на исходную целевую функцию накладывается ряд ограничений, которые учитываются введением их в целевую функцию посредством множителей Лагранжа [3].

В качестве метода оптимизации используется градиентный метод, модифицированный в соответствии с целевой функцией.

Выполняемые задачи

В зависимости от поставленной задачи расчёты, производимые системой, подразделяются на 2 вида:

1. Оптимизация технико-экономических показателей.
2. Оптимизация финансового результата.

Каждый из которых в свою очередь также подразделяется на два подвида:

1. Оптимизация с определением оптимальной суммарной электрической нагрузки.
2. Оптимизация при заданной суммарной электрической нагрузке.

Интерфейс системы

Интерфейс системы включает 4 вкладки:

1. На первой вкладке осуществляется ввод исходных, также выбираются состояние оборудования (вкл/выкл) и его основные параметры, задаётся вид оптимизации (рис. 1).

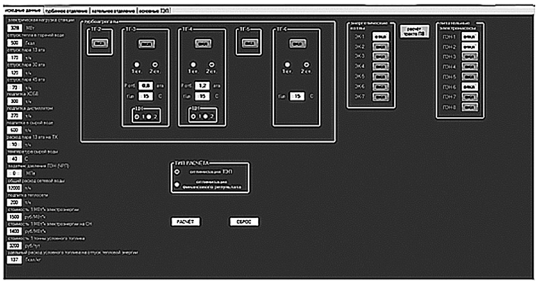


Рис. 1. Вкладка ввода исходных данных

2. На второй вкладке происходит вывод результатов оптимизации, относящихся к турбинному отделению. Результаты выводятся на соответствующую мнемосхему (рис. 2).

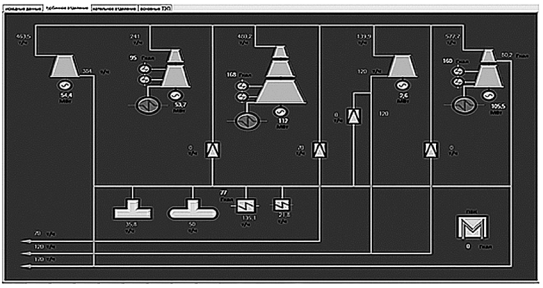


Рис. 2. Вкладка результатов расчёта турбинного отделения

3. На третьей вкладке происходит вывод результатов оптимизации, относящихся к котельному отделению. Результаты также выводятся на соответствующую мнемосхему (рис. 3).

4. На четвёртой вкладке отображаются основные технико-экономические показатели режима, полученные в результате оптимизации (рис. 4).

Преимущества системы

Преимуществами системы по сравнению с имеющимися аналогами являются:

- доступный интуитивный интерфейс, позволяющий работать с системой малообученному персоналу;

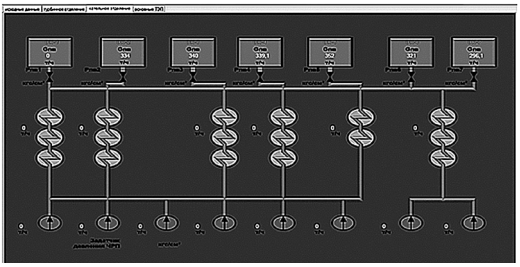


Рис. 3. Вкладка результатов расчёта котельного отделения

Удельный расход топлива на отпуск электрической энергии	261,1	г/кВтч
Удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии	137	кг/Гкал
Расход электрической энергии на собственные нужды	37,5	МВт
Средний удельный расход тепла на выработку электрической энергии	1012,4	ккал/кВтч
Средний КПД брутто энергетических котлов	94,4	%
Расход пара 13 ата на собственные нужды	195,4	т/ч
Общий расход условного топлива	178,5	т/ч
Финансовый результат	165,694	тыс. руб

Рис. 4. Вкладка результатов расчёта технико-экономических показателей

– высокая степень визуализации за счёт возможности представления результатов на мнемосхемах;

– возможность включения в проект дополнительных видов расчётов;

– высокая скорость расчёта, позволяющая работать в режиме реального времени (средняя скорость одного расчёта – 1–5 сек.);

– высокая степень надёжности расчётов.

Заключение

С задачей оптимизации режима работы электростанции ежедневно приходится сталкиваться инженерно-техническому и оперативному персоналу. Данная система позволяет быстро и эффективно находить однозначное решение задач оптимизации, сократить трудозатраты персонала, время на принятие решений, а также улучшить технико-экономические показатели и рентабельность станции.

Литература

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1987. 77 с.
2. Максимов Б.К., Молодюк В.В.. Теоретические и практические основы рынка электроэнергии: учеб. пособие. Издательский дом МЭИ, 2008. 46 с.
3. Аминов Р.З. Векторная оптимизация режимов работы электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1994.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ДЫМОВОЙ ТРУБЫ НЧ ТЭЦ

Грибков А.М.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Тюклин Д.С.,
Елабужская ТЭЦ, г. Елабуга

INCREASE OF RELIABILITY OF METEOROLOGICAL INFORMATION FROM A STACK OF HEAT AND POVER PLANT, NABEREZHNYE CHELNY

Gribkov A.M.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Tijklin D.S.,
Heat and pover plant, Elabuga

Аннотация

Приведены способы повышения надежности метеорологической информации от приборов, расположенных в труднодоступной зоне.

Annotation

Ways of increase of reliability of an information from the meteorological devices located in a remote zone are given.

С 2010 г. на Набережночелнинской ТЭЦ (НЧ ТЭЦ) работает первая в РФ расположенная на дымовой трубе автоматическая метеорологическая станция [1].

На наружных площадках дымовой трубы № 1 высотой 250 м на высотах 65, 95, 155 и 215 м на штангах установлено по 4 датчика температуры воздуха и скорости ветра. Основная задача метеостанции – получить необходимые для расчета рассеивания выбросов из дымовых труб характеристики пограничного слоя атмосферы. Получаемые характеристики пограничного слоя используются в системе контроля атмосферы и газов (СКАГ) для расчета поля приземных концентраций вредных выбросов, создаваемых НЧ ТЭЦ [2].

Сравнение получаемой метеорологической информации с информацией из других источников приведено в [3]. Датчики температуры устанавливаются на расстоянии 1 м под датчиками скорости.

Датчики установлены один под другим строго по вертикали и пронумерованы в соответствии с рис. 1. Как показал опыт эксплуатации, в зимний период могут быть периодические обледенения и оттаивания крыльчаток датчиков ветра. При обледенении крыльчатка не вращается и датчик выдает сигнал технического нуля. При этом на контроллер поступает практически постоянный сигнал, показывающий скорость от 0,5 до 1,5 м/с. После оттаивания датчик сам включается в нормальный режим работы. Подняться по наружной лестнице зимой для ревизии датчиков на дымовую трубу не всегда представляется возможным.

В то же время можно повысить информативность системы датчиков при выходе одного или нескольких датчиков из строя путем интерполяции показаний этого датчика по профилю скорости ветра, построенному по работающим на этой же вертикали датчикам.

Диапазон достоверных значений скоростей датчиков ветра установлен в интервале от 1,8 до 32 м/с. Поэтому с некоторым запасом принято, что если среднечасовое значение скорости ветра на контроллере составляет 1,9 м/с и менее, то такие значения из расчетов исключаются.

Например, если датчик скорости ветра № 1 показывает значение $u(1) < 1{,}9$ м/с, а на датчиках № 5 и № 9 скорость ветра более 1,9 м/с, есть вероятность того, что датчик № 1 временно не работает. В этом случае его значение восстанавливается по показаниям датчиков № 5 и № 9 по формуле

$$u(1) = u(5) - (u(9) - u(5))/2. \quad (1)$$

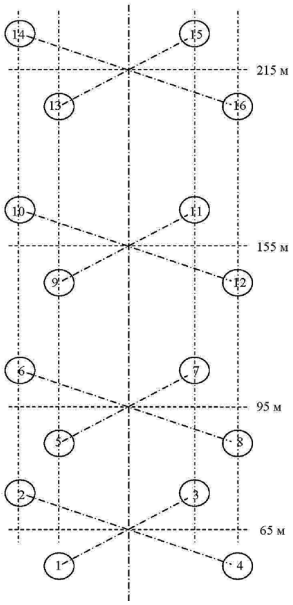


Рис. 1. Расположение датчиков на дымовой трубе

В данном случае в первом приближении принимается линейная интерполяция, а разность скоростей между датчиками № 9 и № 5 делится на два потому, что расстояние между отметками расположения этих датчиков по вертикали в два раза больше расстояния от датчика № 1 до датчика № 5.

Аналогичным образом проверяются все датчики, показывающие скорость ветра менее 1,9 м/с. Если определить скорость ветра на каком-либо датчике можно разными вариантами, то предпочтение отдается датчикам, установленным на более высоких уровнях, т.к. там вероятность более высоких скоростей ветра больше, а соответственно, и больше вероятность, что они не обмерзают.

Если в результате корректировки скорость ветра на датчике оказалась менее 1,9 м/с, эти показания не используются.

Далее принимаем, что если на одном уровне показания одного из 4 датчиков < 1,9 м/с, то коэффициент достоверности этого уровня считается сниженным.

Затем из всех датчиков каждого уровня выбирается максимальное значение, например um1 = u(4), т.е. для первого уровня (65 м), максимальные показания у датчика № 4 и т.д.

Далее определяем сектор набегания на уровне 1 (65 м). За сектор набегания ветрового потока принимаем сектор, ограничиваемый датчиками ветра, сумма показаний которых максимальна. Если сумма скоростей ветра на датчиках № 1 и № 2 максимальна из всех вариантов данного уровня, то этот сектор обозначается как se = 1. Если выбран сектор набегания и известны скорости ветра на его границах, можно найти угол набегания потока ветра на данном уровне, рис. 2. Его графическая зависимость от соотношения скоростей представлена на рис. 3. На рис. 4. приведена зависимость скорости ветра от угла набегания потока воздуха [4].

При расчете скорости ветра учитывается также радиус установки датчиков относительно радиуса оболочки трубы R/R0, который влияет как на угол смещения максимальной скорости обтекания, так и на скорость обтекания ветром оболочки дымовой трубы [4]. В том случае если на каком-либо уровне не удалось восстановить показания одного из датчиков ветра, скорость ветра определяется с помощью максимальной из остальных скоростей обтеканий дымовой трубы потоком воздуха.

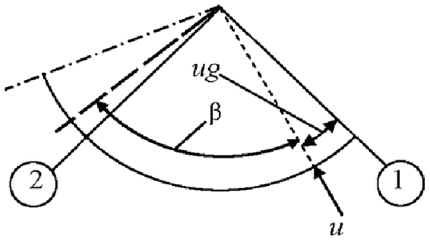


Рис. 2. Углы набегания и максимальной скорости обтекания ветром (β)

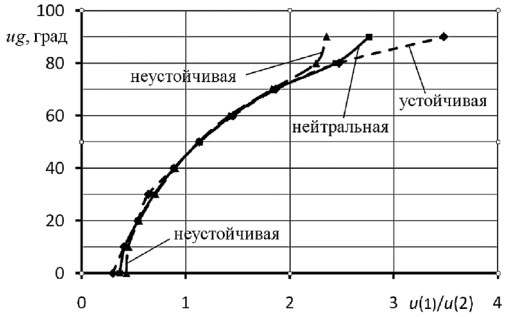


Рис. 3. Угол набегания потока воздуха в зависимости от соотношения скоростей и устойчивости атмосферы

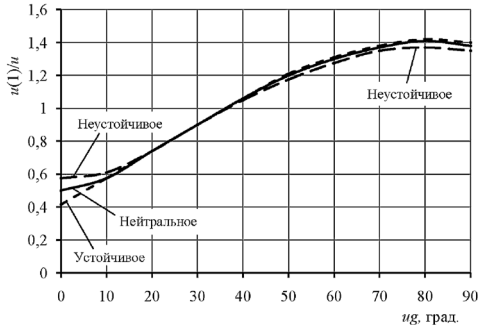


Рис. 4. Скорость невозмущенного потока воздуха в зависимости от угла набегания потока и состояния атмосферы

Для нахождения связи между максимальной и действительной скоростью ветра рассмотрим данные режима работы СКАГ, рис. 5. Как видно из рисунка, есть достаточно надежная связь между скоростью ветра и максимальной из всех четырех датчиков скоростью обтекания дымовой трубы потоком воздуха. Скорость ветра в данном случае рассчитывалась по полной схеме.

Учитывая, что если на каком-либо уровне не работает часть датчиков, то в работе остаются как правило те, которые попадают в поток воздуха, движущийся с максимальной скоростью, а обледенению подвергаются те датчики, у которых крыльчатка вращается медленно. Поэтому даже если в работе остался один датчик, все же есть вероятность, что его данные могут быть использованы для оценки скорости ветра.



Рис. 5. Связь между максимальной скоростью обтекания потоков воздуха дымовой трубы и скоростью ветра

Учитывая данные сравнений, в качестве резервного в программе используется также упрощенный вариант расчета скорости ветра по формуле

$$ui = 0{,}66 \cdot umi\,. \qquad (2)$$

Дополнительным способом определить возможную ошибку кроме величины коэффициента достоверности служит вид получаемого профиля скорости ветра, который методом наименьших квадратов определятся как

$$u = K \cdot zn\,, \qquad (3)$$

где u, м/с – скорость ветра на уровне z, м; z – уровень относительно земли по вертикали, м; n – показатель степени.

Как правило, скорость ветра с высотой растет, т.е. $n > 1$. Если на каком-нибудь из уровней коэффициент достоверности снижен и $n < 1$, то такие сроки отбраковываются.

Литература

1. Грибков А.М. Автоматизированная метеосистема на площадках дымовой трубы/ Грибков А.М., Тюклин Д.С. // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2012. – № 3–4. – С. 59–62.
2. Грибков А.М. Работа системы контроля атмосферы и газов на Набережночелнинской ТЭЦ/Грибков А.М., Тюклин Д.С.// Труды XIV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан». – 2014, Казань. – С. 197–199.
3. Грибков А.М. Метеорологическое обеспечение системы контроля загрязнения приземного слоя воздуха выбросами Набережночелнинской ТЭЦ/Грибков А.М., Тюклин Д.С., Шлычков А.П.// Труды XIII Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – 2012. Казань. – С. 261–265.
4. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КЕЙС «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ: НА ЧЕМ СФОКУСИРОВАТЬСЯ»

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Титов В.А., Макаров В.А.,
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань

ENERGY MANAGEMENT COMPANY

Titov V.A., Makarov V.A.,
SAI «Center of Energy Saving Technologies of the Republic of Tatarstan under the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan», Kazan

Аннотация

Статья посвящена системе управления энергией, реализованной на базе ПАО «Нижнекамскнефтехим». В ней рассмотрены способ управления энергопотреблением с помощью системы и из каких частей состоит система. Приведен пример мониторинга потребления энергоресурса. Отмечены основные положения для внедрения системы управления энергией на предприятии.

Annotation

Article is devoted to a control system of energy of the realized on the basis of PAO «Nizhnekamskneftekhim». In it are considered a way of management of energy consumption by means of system and the system consists of what parts. The energy resource consumption monitoring example is given. Basic provisions for introduction of a control system of energy at the enterprise are noted.

В условиях жёсткой конкуренции на потребительских рынках вопросы снижения себестоимости производства товарной продукции для предприятий являются ключевыми.

Одной из значительных статей затрат выступают, как правило, энергетические ресурсы. Кроме того, процесс потребления энергии ведёт к загрязнениям окружающей среды, т.к. в Российской Федерации, и в частности на предприятиях Республики Татарстан, возобновляемые источники энергии не используются по причине их высокой стоимости в сравнении с источниками энергии на органическом топливе.

Государственное автономное учреждение «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан» (далее – Центр) вопросам эффективного использования энергии на промышленных предприятиях Республики Татарстан уделяет особое внимание и убеждён, что без внедрения на предприятии эффективной системы управления запуск непрерывного по времени процесса снижения потребления энергии невозможен.

Со дня образования и до настоящего времени Центр плодотворно сотрудничает с ПАО «Нижнекамскнефтехим». Благодаря совместной работе специалистов ПАО «Нижнекамскнефтехим» и Центра на данный момент реализованы основные организационные и технические мероприятия в области энергосбережения. Реализация мероприятий позволила снизить удельные затраты на энергию в себестоимости продукции ПАО «Нижнекамскнефтехим» с 23 % в 2003 г. до 13 % в 2013 г. В 2012 г. энергетическая служба ПАО «Нижнекамскнефтехим» поставила Центру задачу создать систему, которая в реальном времени могла бы контролировать удельные затраты и реально управлять процессом энергопотребления. Центр реализовал в ПАО «Нижнекамскнефтехим» автоматизированную систему управления эффективным использованием энергии, которая позволяет наглядно видеть процесс энергопотребления, контролировать и управлять им.

Автоматизированная система управления эффективным использованием энергии ПАО «Нижнекамскнефтехим» (АСУ ЭП) состоит из двух взаимно связанных между собой частей: организационной (положения, регламенты, инструкции, обученный персонал и т.п.); технической – программно-технический комплекс прогнозирования и мониторинга (ПТК ПМ).

ПТК ПМ позволяет в реальном времени отслеживать абсолютное, удельное потребление всех видов энергии и в наглядной форме информировать персонал по отклонениям от лимитов и планов. ПТК ПМ автоматически обрабатывает информацию по энергопотреблению, по выпуску продукции, по планам, лимитам, производит расчёты и выводит их на монитор пользователя в простой и доступной форме, не требующей много времени для обработки и принятия решения. Тем самым процесс управления энергией предприятия при отклонениях осуществляется оперативно и обеспечивает соблюдение планов и лимитов, что способствует оптимальному использованию энергии предприятия. Внешний вид информации по энергопотреблению на примере электрической энергии показан на рисунке 1.

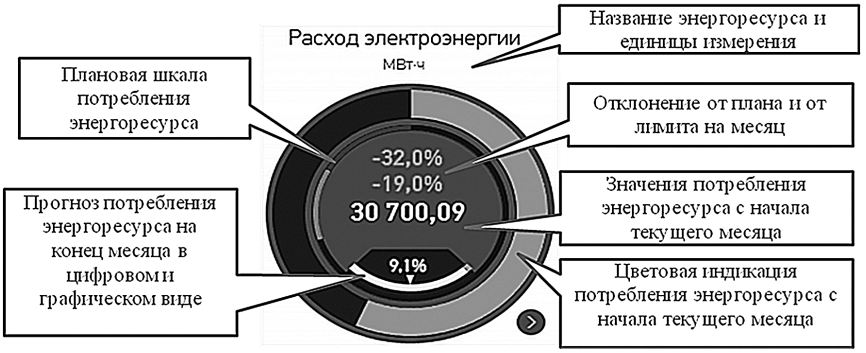


Рис. 1. Индикатор расхода электрической энергии

Для наглядности применена цветовая гамма, привычная для человека в обыденной жизни, а именно: зелёный цвет – всё в норме; желтый цвет – превышение лимитов; красный цвет – превышение плана. Одного взгляда на монитор своего персонального компьютера персоналу достаточно, чтобы оценить состояние дел с расходом энергии и принять управленческое решение.

Обязательными составляющими процедур и регламентов АСУ ЭП являются:

1. Политика предприятия в области эффективного использования энергии. Письменное подтверждение приверженности высшего руководства предприятия вопросам эффективного использования энергии. Определение тактических и стратегических задач для персонала на год и перспективу. Обязательства руководства по обеспечению мероприятий по экономии энергии необходимыми и достаточными ресурсами.

2. Стандарт предприятия по эффективному использованию энергии (СТП). Определяет ответственных за процесс эффективного использования энергии их права и обязанности. Прописывает процедуры взаимодействия персонала в процессе: производства продукции с максимальной эффективностью использования энергии; планирования и внедрения мероприятий по экономии энергии; обучения персонала; действий по отклонениям; обмена информацией.

3. Положение о материальном поощрении персонала за экономию энергетических ресурсов. Прописывает условия материального и нематериального стимулирования персонала.

4. Программы обучения персонала и высшего руководства применительно к особенностям предприятия.

5. Техническое задание и проект АСУ ЭП. Включает необходимые технические средства и программное обеспечение, обеспечивающее процесс эффективного использования энергии предприятием.

АСУ ЭП позволяет: максимально эффективно использовать энергию на предприятии; постоянно снижать затраты энергии в себестоимости продукции; обеспечить конкурентоспособность предприятия.

РАБОТА ПАО «НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ» В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Новиков С.В.,
ПАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск

WORK PJSC «NIZHNEKAMSKNEFTEKHIM» IN THE FIELD OF ENERGY SAVING

Novikov S.V.,
«Nizhnekamskneftekhim», Nizhnekamsk

Аннотация

Статья посвящена работе, проводимой в ПАО «Нижнекамскнефтехим» в области энергосбережения. В статье приведены основные программы и мероприятия, реализованные в области энергосбережения и энергоэффективности. Приведены сведения об эффективности внедренных программ и мероприятий. Описана система управления энергией, реализованная на предприятии, и дальнейшие планы по ее совершенствованию.

Annotation

Article is devoted to the work carried out in PJSC «Nizhnekamskneftekhim» in the field of energy conservation. The paper presents the main programs and activities undertaken in the field of energy conservation and efficiency. The data on the effectiveness of implemented programs and activities. Describes the energy management system implemented in the company and future plans for its improvement.

Публичное акционерное общество (ПАО) «Нижнекамскнефтехим» является одним из крупных потребителей энергоресурсов среди промышленных предприятий РТ, и за годы своей работы заслуженно считается одним из передовых предприятий республики, применяющих новейшие разработки для сбережения электроэнергии.

Энергосбережение – приоритетное направление деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим». В 2014 году оно потребило 2,56 млрд кВт-ч электрической энергии, 14,63 млн Гкал тепловой энергии и 558 млн $м^3$ природного газа. Суммарные затраты на приобретение этих энергоресурсов составили 20,48 млрд руб.

В условиях реформирования электроэнергетики и роста цен на энергоресурсы предприятие является существенным внутренним резервом, позволяющим значительно наращивать не только собственное производство, но и валовой региональный продукт.

При производстве промышленной продукции в акционерном обществе уделяется самое пристальное внимание снижению потребления природных ресурсов, так как запасы их не безграничны и экономия ресурсов сегодня позволит будущим поколениям достойно жить на земле. Еще до выхода в свет республиканского и федерального законов об энергосбережении руководство компании поставило перед персоналом задачу снижения потребления энергетических ресурсов за счет разработки и реализации комплексных мероприятий по экономии. Мероприятия по снижению потребления энергетических ресурсов включают как модернизацию существующего оборудования, так и внедрение нового оборудования и современных энергоэффективных технологий.

В ПАО «Нижнекамскнефтехим» успешно выполнены первая и вторая программы энергосбережения. Внедренные в их рамках мероприятия позволили уменьшить затраты на приобретение энергоресурсов со стороны, ежегодно снижать удельные нормы расхода энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции.

Всего за время действия этих программ с 2000 по 2010 год в компании внедрено 875 энергосберегающих мероприятий, затраты на реализацию которых составили 1,8 млрд руб. Сэкономлено 5,2 млн Гкал тепловой энергии, 240 млн кВт-ч электроэнергии, 156 тыс. тонн условного топлива. Полученная в результате экономия составила 3,3 млрд руб.

Для снижения затрат на энергетику и повышения конкурентоспособности продукции в ПАО «Нижнекамскнефтехим» с августа 2007 года пущен в работу блок ГТУ-75, который является новой технологией с более высокими технико-экономическими показателями и обеспечивает повышение надежности и маневренности энергооборудования Нижнекамской ТЭЦ. За период с 2007 по 2014 год установкой ГТУ-75 выработано 3,515 млрд кВт-ч электрической и 5,769 млн Гкал тепловой энергии (рис. 1).

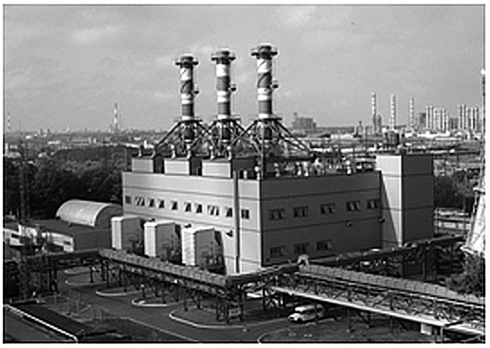


Рис. 1. ГТУ-75

Согласно Программе реконструкции и модернизации выработавшего ресурс электрооборудования в акционерном обществе проводится работа по замене старых щитов станций управления (ЩСУ-0,4 кВ) на современные щиты управления фирмы «Сименс». Данная программа выполняется с 2005 года и рассчитана до 2016-го. Планируется заменить 250 ЩСУ и 27 распределительных пунктов (РП) и трансформаторных подстанций (ТП).

За 2005–2014 годы заменено 165 ЩСУ-0,4 кВ на заводах компании, в управлениях ВК и ОСВ (водоснабжения, канализации и очистки сточных вод), энергоснабжения, а также смонтированы РП-12А и ТП-74 на заводе бутилкаучука, ЗРУ 6 кВ на подстанции «Очистные сооружения», п/ст II водоподъем, ГПП-4 – II промзона (рис. 2).

В рамках совместной программы по повышению надежности энергоснабжения и снижению рисков отключения электроэнергии Нижнекамского промышленного узла на десяти главных понизительных подстанциях проведена замена устаревшей системы «отделитель – короткозамыкатель» на современную систему с применением элегазовых выключателей.

На основании Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении» в 2011 году Центром энергосберегающих технологий при Кабинете Министров Республики Татарстан проведено третье энергетическое обследование (энергетический аудит), который определил достигнутое состояние энергоиспользования за пять прошедших лет, остаточный потенциал энергосбережения, наметил энергосберегающие мероприятия и порядок их исполнения. Разработан и выдан «Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов ОАО «Нижнекамскнефтехим» со сроком действия до 2016 года.

Дополнительно в рамках программы по снижению расходов на приобретаемые энергоресурсы, согласно Правилам функционирования розничного рынка электроэнергии и Постановлению Правительства РФ № 530 проведены работы по выводу «Нижнекамскнефтехима» на оптовый рынок электрической энергии и мощности через сбытовую компанию ООО «ПЭСТ». В 2012 году создана автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии.

С 1 июля 2012 года «Нижнекамскнефтехим» приобретает электрическую энергию с оптового рынка электрической энергии и мощности (ОРЭ). Экономический эффект за период работы на ОРЭ составил 512,9 млн руб.



Рис. 2. ЩСУ-0,4 кВ фирмы «Сименс»

На основании Федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» и Энергетической стратегии России на период до 2020 года в ОАО «Нижнекамскнефтехим» разработана третья Программа энергосбережения на 2011–2015 годы с перспективой до 2020 года.

Данная программа ежегодно корректируется и дополняется новыми энергосберегающими мероприятиями. В ее рамках планируется сэкономить 367 млн кВт-ч электрической и 878 тыс. Гкал тепловой энергии, 47,5 тыс. тонн условного топлива.

За 2011–2014 годы внедрено 255 энергосберегающих мероприятий. В том числе 146 основных (по программе 2011–2020 гг.) и 109 дополнительных мероприятий. Сэкономлено 83 млн кВт-ч электрической энергии, 466 тыс. Гкал тепловой энергии, 34,1 тыс. тонн условного топлива. Экономия составила 653 млн руб. (с НДС).

Для обеспечения непрерывного электроснабжения всех потребителей промпредприятия путем их переключения на резервный источник питания и исключения остановов производств в компании внедрены и используются комплексы быстродействующего автоматического включения резерва (БАВР) (рис. 3).

За 2012–2014 годы установлено и включено в работу 11 комплексов БАВР (на заводах по производству бутилового, синтетических каучуков, изопрена-мономера, полиолефинов, этилена).



Рис. 3. Комплекс быстродействующего автоматического включения резерва (БАВР)

За период 2013–2014 гг. произошло 30 срабатываний устройств БАВР. Предотвращенный ущерб составил 1,177 млрд руб.

В декабре 2013 года на основании Программы по восстановлению и реконструкции схемы сбора и возврата конденсата водяного пара с производств ПАО «Нижнекамскнефтехим» на Нижнекамскую ТЭЦ (ПТК-1 ОАО «ТГК-16») возобновлен возврат конденсата в объеме 95 т/час. С декабря 2013 года по декабрь 2014 года возвращено 1,092 млн тонн конденсата водяного пара. Экономия по оплате за тепловую энергию составила 33,31 млн руб.

Дальнейшее снижение удельных затрат потребления энергетических ресурсов возможно только при внедрении современной системы управления. Закономерным шагом в этом направлении стало принятие руководством компании в 2012 году решения о внедрении системы управления эффективным использованием энергии. Основным исполнителем работ было выбрано государственное автономное учреждение «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», которое для мониторинга и управления процессом потребления энергии в реальном времени реализовало комплекс программно-технических средств «Автоматизированная система управления энергопотреблением». Кроме того, Центром была разработана вся необходимая документация для оптимального управления энергопотреблением, а именно: Политика и стандарт предприятия «Система управления эффективным использованием энергии», Руководство пользователя комплекса программно-технических средств «Автоматизированная система управления энергопотреблением». Политика ПАО «Нижнекамскнефтехим» в области эффективного использования энергии нацеливает персонал на системную работу по энергоэффективности. Стандарт предприятия регламентирует деятельность персонала компании при текущем, перспективном потреблении энергии и прописывает процессы разработки, защиты, планирования и внедрения мероприятий по экономии энергетических ресурсов. Осознавая, что главной движущей силой любого процесса является персонал, руководство ПАО «Нижнекамскнефтехим» внедрило систему мотивации экономии энергетических ресурсов. Завершающим этапом внедрения системы управления эффективным использованием энергии (энергоменеджмента) явилась сертификация акционерного общества Центром в декабре 2013 года по ГОСТ Р ИСО 50001-2012.

Данная система установлена на всех заводах основного производства, а также во вспомогательных цехах и подразделениях ПАО «Нижнекамскнефтехим». Проведено обучение 153 человек, ответственных за ее освоение и внедрение.

Эта система позволяет в реальном времени видеть потребление энергии по цехам и переделам, а также по ПАО «Нижнекамскнефтехим» в целом и принимать оперативные меры по недопущению отклонений от планов и лимитов. Другими словами, персонал, подготовленный Центром, в любое время на своем рабочем месте видит полную картину потребления энергии по подведомственному участку, оперативно принимает меры и вводит корректировки при отклонениях. Система планирования и лимитирования потребления энергетических ресурсов действовала в ПАО «Нижнекамскнефтехим» достаточно продолжительное время и до внедрения энергоменеджмента, но с внедрением с помощью Центра мониторинга потребления в рамках системы управления эффективным использованием энергии она получила своеобразное «второе рождение».

Эффективность эксплуатации системы энергоменеджмента подтверждают расчеты службы главного энергетика: удельные затраты на энергетические ресурсы снижены за полугодие 2014 года на 1,8 %.

Дальнейшее развитие этой системы, с целью поступательного снижения удельных затрат энергии в себестоимости продукции, руководство ПАО «Нижнекамскнефтехим» видит в автоматизации процессов планирования потребления энергетических ресурсов. Неуклонное снижение потребления энергетических ресурсов в текущей деятельности и на перспективу и впредь остается стратегической целью и одной из основных задач всего коллектива акционерного общества.

ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПО-РУССКИ: СЕМЬ УРОКОВ

Степанова М.В.,
г. Екатеринбург

ENERGY MANAGEMENT A LA RUS – SEVEN INSIGHTS

Stepanova M.V.,
Ekaterinburg

Аннотация

Об энергоменеджменте сказано много хорошего, однако одновременно к его методам много и скептицизма. Какой подход более оправдан для российских предприятий? Что можно извлечь из этой системы мер и каков лучший опыт?

Annotation

Energy Management Systems are often presented as «must be» for an industrial enterprise, but there is always certain skepticism about it. Is it feasible? What is the best behavior for a company? How can it benefit from EnMS and what is the best Russian practice?

Учебники и консультанты говорят нам о преимуществах системы энергоменеджмента (СЭнМ) согласно международному стандарту ISO 50001:2011 «Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по использованию». Среди них чаще всего называют:

- малозатратные организационные меры, т.н. «низковисящие плоды»;
- увязка в систему любых мероприятий и дополнительные эффекты;
- не упустить то, что часто забывается, но имеет эффект;
- позволяет долгосрочно сохранить эффект;
- создает систему воспроизводства эффектов.

Но как воспользоваться этими бонусами и реализуемы ли они в российских условиях? Споры об этом продолжаются самые горячие.

Один из первых возникающих вопросов: надо ли «изобретать свой велосипед» или воспользоваться готовым? Ведь международный стандарт по энергоменеджменту ISO 50001:2011 называют квинтэссенцией лучших мировых практик.

Часто это видится противоречием: предприятие имеет собственный немалый (а главное, больной и поэтому ценный) опыт и есть западные «лучшие практики». Что предпочесть? Кто-то верит только себе, отрицая стандарт, кто-то готов забыть собственные наработки и кидается внедрять чужие. Однако часто это противоречие кажущееся. Об этом говорит опыт ведущих российских компаний и холдингов, внедряющих СЭнМ (ЕВРАЗ, Сибур, ТМК и др.). И собственный опыт, и практики и стандарта – об одном и том же, и вполне непротиворечиво. Флагманы энергоменеджмента в российской промышленности предпочитают использовать принципы стандарта как мерку, по которой приоритетно обращают внимание на те или иные вопросы, обеспечивая системность в работе. Их опыт говорит о главном: не надо смотреть на стандарт как на отвлеченную сущность, он абсолютно о том же, о чем каждодневная работа в отделе главного энергетика.

Преимущества понятны на бумаге, но не каждый их достигает. Гораздо более известны на практике сложности работы со стандартом:

– нет авторизованного перевода стандарта на русский язык;

– ГОСТ Р, созданный на основе международного стандарта в 2012 году, больше именно перевод, без адаптации в существующей системе стандартов и терминологии;

– результат – «птичий язык» управленцев, когда все слова понятны, а смысл – что делать? – ускользает;

– стандарт очень рамочный, его непросто приложить на практике (лишь недавно появилось семейство новых, детализирующих процедуры первого, исошных стандартов, однако и они отвечают далеко не на все вопросы, которые возникают у предприятия, внедряющего СЭнМ);

– результат очень зависит от способа применения, от того, как поставлена эта работа в компании.

Отсюда урок 1: «Нет волшебной таблетки». Часто мы привыкли, что можно заключить договор, нанять подрядчика и «специально обученные люди» придут и все сделают. В отношении внедрения СЭнМ полезно задаться некоторыми вопросами. Что может сделать консультант? Что должна делать команда на предприятии? Умеем ли оценить компетентность в менеджменте? Реально ли ожидать, что приглашенные консультанты лучше разберутся, например, в технологическом процессе? Учитывая, что основной потенциал для промышленного предприятия – там? И что даже собственные энергетики туда не очень допущены, памятуя о вечных противоречиях между энергетиками и технологами? Система энергоменеджмента – творческий, интеллектуальный продукт собственной команды предприятия. Кого бы ни нанять, снаружи никто не «сделает хорошо», запуститься система должна изнутри.

Хороший консультант поможет создать ситуацию, в которой «велосипед поедет», СЭнМ на предприятии заработает. Он будет организовывать встречи, давать советы, что надо сделать и на что обратить внимание, задавать вопросы (а вовсе не всегда давать ответы), объяснять по ходу выполнения. Но озаряет в процессе – команду, рабочую группу по внедрению СЭнМ. Эти люди видят по-новому, делают выводы из таблиц и графиков энергоанализа, которые получились по заданиям консультанта, находят новые для своего предприятия возможности в сфере энергопотребления. Как и взаимодействие между энергетиками, и технологами, и экологами, и закупщиками, и проектантами, и финансистами придется налаживать самим.

Урок 2: «Энергоменеджмент – не про технологии».

Технологии, материалы, решения либо есть, либо будут найдены. И часто дело даже не в деньгах – наличие финансовых средств еще не гарантирует успех, тому масса примеров.

Стандарт энергоменеджмента построен на другом: важно обеспечить в компании принятие новой политики и сознательность ее реализации. От зарубежных коллег известна простая формула:

$E=Q*A$,

где

E – получаемый эффект (Effectiveness),

Q – качество (Quality),

A – принятие (Acceptance).

Под «качеством» понимаются традиционные понятные меры: совершенствование системы мониторинга, проведение энергоаудита, технологическая модернизация, повышение квалификации, – что угодно. Под «принятием» – тот неизмеримый признак, о котором, в общем, весь стандарт (следуя известной легенде, носят ли эти люди кирпичи, или строят храм).

Проще говоря, человеческий фактор, принятие либо непринятие сотрудниками предприятия новой энергетической политики либо преумножат все принимаемые меры, либо, наоборот, нивелируют.

Энергосберегать чаще всего хочет отдел главного энергетика или даже только ответственный за энергосбережение. Но влияют на потребление энергоресурсов все на предприятии, и не хватит ни рук, ни ног, ни времени следить за каждым и шпынять его. СЭнМ по стандарту говорит, что важно не только поставить, например, котел-утилизатор или автоматизировать систему мониторинга, важно, чтобы на капающий кран или свистящую трубу быстро приходил ремонт, чтобы рождались новые проекты модернизации или даже просто любого снижения энергопотребления.

Поэтому такое значение стандарт придает заинтересованности высшего руководства, информированности и вовлеченности сотрудников и иным чисто управленческим фишкам – всем тем моментам, которые традиционным инженерам-энергетикам трудно оценить, измерить и реализовать. Поэтому – разработка и публикация Политики энергоэффективности, разъяснения и мотивация, контроль высшего руководства, внутренние аудиты. Именно эти ключевые точки оказываются недооцененными при внедрении СЭнМ в российских условиях.

Тем более, что по умолчанию СЭнМ – инородное тело, компания его изгоняет. И критически важно не только найти мероприятия и инвестиции на них, важно обеспечить эту вовлеченность персонала, «строительство Храма».

Отсюда и урок 3: «Себя не обманешь». Сертификат соответствия выдается все же по неким формальным признакам. Измерить, насколько действительно в команде закрутилась система энергоменеджмента, сложно, если не невозможно. Но сами инициаторы точно знают: или велосипед СЭнМ едет, или красиво стоит в уголке, пусть даже с международным сертификатом соответствия.

Это кажется иногда странным, но два одинаковых предприятия с совершенно разными показателями энергорезультативности могут получить международный сертификат соответствия. Аналогично, два одинаковых предприятия совершенно по-разному подойдут к работе и получат несхожие системы энергоменеджмента, обе достойные сертификата. Урок 4: «Велосипед у всех разный». Стандарт энергоменеджмента называют самым рамочным и общим из исошных стандартов. Он оставляет на усмотрение предприятия целые пласты, не детализируя их (надо оговориться, что недавно появились следующие стандарты как раз для разворачивания некоторых частей работы по СЭнМ: стандарты ISO 50004 (руководство по СЭнМ), 50006 (показатели и базовая линия), 50015 (измерение и контроль). И все равно остается множество развилок для принятия решений и реализации прописанных принципов, нет не только требуемой к достижению величины целевых показателей, нет и списка этих показателей – предприятие должно выбрать их само.

Так что работа с семейством стандартов по СЭнМ – творческий интеллектуальный процесс, и его результат зависит от того, как в конкретной компании будут приложены заявленные в стандарте принципы.

Однако не успела компания разобраться с ISO 50001:2011, как новый тезис: системы менеджмента надо интегрировать. Очень многие предприятия внедрили системы менеджмента качества и экологического менеджмента, а также ряд других по исошным стандартам. И все они не просто параллельные, а синергичные процессы. Урок 5: «Система как часть системы». Это о том, что энергоменеджмент не самоцель, а лишь один из инструментов в стратегии любого предприятия. Как синхронизировать множество параллельных процессов и найти в них синергию. Эти возможности есть и в стандартах ISO, в их принципах много общего, и систему документооборота, оргструктуру, публичную политику и так далее с внедрением каждого нового стандарта не надо делать с нуля – надо достроить.

Свежий пример из отечественной практики – наилучшие доступные технологии (НДТ). Их внедрение стало обязательным к 2019 году для многих промышленных предприятий согласно принятому Федеральному закону № 219-ФЗ «Об охране окружающей среды». Это значит, мероприятия по энергоэффективной модернизации теперь общее дело энергетиков и экологов на предприятии.

Урок 6: «Учиться и делиться». Очень много настоящего, живого и важного мы знаем об энергоменеджменте в российских условиях от первопроходцев – предприятий, рискнувших первыми. С ними одновременно пробовали, ошибались, наступали на грабли и платили за ошибки и другие компании, однако первые делятся своим опытом с профессиональным сообществом, и это вносит огромный вклад. Стандарт – не нечто замершее, как применить его в изменившихся условиях, типичные ошибки внедрения и лайфхаки, как лучше и проще, конкретные кейсы и примеры – важны, наверно, даже более, чем сам текст стандарта, для идущих следом и ставящих целью привести свою систему энергоменеджмента в соответствие с лучшими мировыми практиками.

Однако сколько ни слушай других и ни учись на чужих ошибках, только собственный опыт ведет вперед. Урок 7: «Не ждать готовых решений». Ни от нанятых консультантов, ни от внешних советчиков, ни даже от собственной рабочей группы. Меняются внешние условия, могут меняться тактика и даже стратегия компании, но остается цель на рациональное потребление энергоресурсов и запуск корпоративной управленческой системы, постоянно генерирующей улучшения и позволяющей инвестировать экономию в новые проекты. А вот что она будет из себя представлять на каждом временном этапе, зависит только от самого предприятия.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Мусатов В.А., Халиуллин А.Ф.,
*ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан
при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань*

IMPORT SUBSTITUTION AND RESOURCE-SAVING IN THE FOUNDRY INDUSTRY

Musatov V.A., Khaliullin A.F.,
SAI «Center of Energy Saving Technologies of the Republic of Tatarstan under the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan», Kazan

Аннотация

Статья посвящена основному оборудованию металлургических предприятий. В статье приведены проблемы при эксплуатации основного оборудования металлургических предприятий. Представлена информация об основных способах плавки металла, применяемых в данное время, их достоинства и недостатки, а также сравнение основных технологий плавки по удельным показателям. Кроме того, проведены сравнения показателей после модернизации оборудования на оборудование с современным способом плавки.

Annotation

Article is devoted to the basic equipment of metallurgical enterprises. The article presents the problems in the operation of the main equipment of metallurgical enterprises. Provides information about the main methods used in metal smelting, this time their advantages and disadvantages, as well as a comparison of key technologies for fusion specific indicators. In addition, a comparison of performance after upgrading hardware equipment with a modern way of melting.

Физический и моральный износ основного оборудования металлургических предприятий (произведенного, как правило, во времена «исторического материализма»), а вследствие – рост затрат на ремонт и обслуживание, повышенное потребление энергоносителей, низкая производительность оборудования, деградация персонала, снижение качества явилось одной из причин значительного роста себестоимости, соответственно снижения конкурентоспособности отечественной продукции машиностроения и необходимости ее замены импортной.

Радостные доклады и показы вновь вводимых и реконструируемых предприятий не вызывают особого оптимизма, поскольку основное оборудование этих предприятий изготовлено, как правило, за рубежом. Потеря ряда производств, связанных со станкостроением и выпуском оборудования для производства средств производства, вызывает обоснованное сомнение в выполнении программы импортозамещения в декларируемом объеме, или предполагается импорт из стран Евросоюза заменить на импорт, к примеру, из Китая.

Существующее мировое разделение труда позволяет не разрабатывать и не производить изделие, которое кто-то производит лучше и дешевле, но в условиях возможных санкций и перспективы необходимо иметь основу для развития страны на собственной базе.

Проводимые на предприятиях тендеры по закупкам оборудования в первую очередь учитывают стоимость, что зачастую приводит к поставкам импортного оборудования с пониженными потребительскими свойствами (устаревшими) и не допускает на рынок современную продукцию отечественных предприятий.

Возможности техперевооружения с применением оборудования отечественных предприятий можно рассмотреть на примере литейного производства как наиболее ресурсоемкого. В настоящее время в литейном производстве России насчитывается около 3000 плавильных агрегатов разного типа. На большинстве предприятий основные фонды амортизированы до 70–80 %, поэтому выбор рациональной и экологичной технологии плавки различных металлов, а также типа плавильного агрегата является чрезвычайно актуальной задачей для предприятий, т.к. в рыночных условиях решающей становится технико-экономическая

эффективность процесса плавки. К основным современным способам плавки металла относятся индукционные и дуговые печи (ИППЧ, ИПСЧ – индукционные печи промышленной и средней частоты, ДСП – дуговые печи переменного тока, ДППТНП – дуговые печи постоянного тока нового поколения).

Получившие широкое распространение ДСП обладают рядом крупных недостатков: высокий угар металла, большой расход электродов, обширные пылегазовыбросы, значительный уровень шума, влияние на питающую сеть, высокое удельное потребление электроэнергии. Необходимость устройств пылеочистки, шумозащиты, средств, уменьшающих влияние на питающую сеть, и ряд других факторов дополнительно снижают эффективность применения ДСП.

Использование ИП имеет ограничения по составу шихты. Качество полученного металла не лучше исходной шихты, что не позволяет использовать в процессе лом низкого качества, что повышает себестоимость процесса. Кроме того, эксплуатация ИП небезопасна. Создание ИПСЧ частично ликвидировало недостатки ИППЧ, тем не менее необходимо правильно подходить к их выбору.

Появление современных средств силовой электроники обеспечило появление печей постоянного тока ДППТ, лишенных значительной части недостатков ДСП, а именно: уменьшение влияния на питающую сеть, снижение уровня шума, повышение устойчивости горения электрической дуги, уменьшение угара металла и графитированных электродов, улучшение условий труда за счет снижения уровня шума и выброса газов.

Таблица 1.

Сравнительные технико-экономические показатели печей различных типов (Л1)

Показатель	Индукционные печи		ДСП	ДППТНП
	ИППЧ	ИПСЧ		
Удельная мощность, кВТ/т	300	600-1000	600-1000	600-1000
Длительность расплавления, мин.	90-120	40-45	65-85	40-50
Удельный расход эл.энергии, кВт*ч/т	750-2000	500-600	650-800	450-550
Удельный расход эл.энергии для подготовки шихты, кВт*ч/т	40-80	45-90	нет	нет
Удельный расход электродов, кг\т	нет	нет	105	5-20
Общий угар, %	2-5	2-3	5-8	0,5-1,5
Стойкость подины, кол-во плавок	30-60	100-300	1000-2500	1200-2600
Необходимость подготовки шихты	требуется	требуется	нет	нет

В качестве примера отечественного производителя качественной продукции можно привести ООО «НТФ «ЭКТА». Предприятием разработаны универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП), базирующиеся на глубоком изучении физики дугового разряда, процессов тепломассообмена при расплавлении шихты и МГД процессов в ванне расплава. Разработанная система технических решений позволила получить принципиально новые возможности плавильных печей и технологий, обеспечивающих высокую экономическую эффективность, экологическую безопасность и высокое качество

производимого металла. На печах ДППТУ-НП освоено производство сталей любых марок, в т.ч. и специальных, серых и высокопрочных чугунов, сплавов на основе меди, алюминия, и т.д. Предприятие проводит реконструкцию ДСП с переводом на плавку постоянным током.

В качестве примера приведены итоги реконструкции печи ДСП-20 на ДППТУ-20 (Л2).

Некоторые сравнительные показатели печей ДСП-20 и ДППТУ-20 (реконструкция ДСП-20) приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительные показатели печей ДСП-20 и ДППТУ-20 (реконструкция ДСП-20)

Показатели	ДСВ-20	ДППТУ-20
Пыль, мг/м.куб	27,2	9,9
Шум, дБ	98	84
Электроэнергия на 1 т жидкой стали, кВт*ч	880	580
Производительность, тн/час	4,54	7,16
Средняя продолжительность плавки, час	4,92	3,0
Расход графитированных электродов кг/тн	14,0	2,12
Годовой выпуск жидкой стали, т	12000	20600
Улучшение показателей качества «0» до реконструкции		
По химсоставу	0	35
Предел текучести	0	90
Предел прочности на разрыв	0	60
Относительное удлинение	0	45
Ударная вязкость	0	80

Основные статьи экономического эффекта: технологическая часть – 37 %, увеличение выпуска стали – 27 %, электроды – 22 %, огнеупоры и футеровка – 9 %, электроэнергия – 5 %.

Печи ДППТУ-НП производства ООО «НТФ «ЭКТА» – ресурсосберегающее оборудование. Гарантируя высокое качество выплавляемых металлов ДППТУ-НП, позволяют экономить не только эксплуатационные расходы, но и затраты на основные средства при создании новых предприятий или реконструкции действующих. Замена любых существующих печей (ДСП, индукционных и других) окупается обычно в течение 3–12 месяцев, в зависимости от сортамента металла и необходимой производительности.

Важным направлением ресурсосбережения, развивающегося опережающими темпами в мировой экономике, является рециклинг вторичных ресурсов, в частности рециклинг металлов. Значительный опыт в создании дуговых печей постоянного тока для переработки металлосодержащих шлаков и отработанных материалов с целью выделения металлов имеет ООО «ТОЛЕДО», одна из таких печей представлена на рисунке 1. Предприятие также выпускает печи для производства небольших партий различных металлов высокого качества и производства ферросплавов.

Реконструкция действующих и создание новых литейных производств с использованием передовых отечественных технологий и оборудования является актуальной задачей машиностроения России и может обеспечить реальное импортозамещение не только в металлургии, но и во многих смежных отраслях.

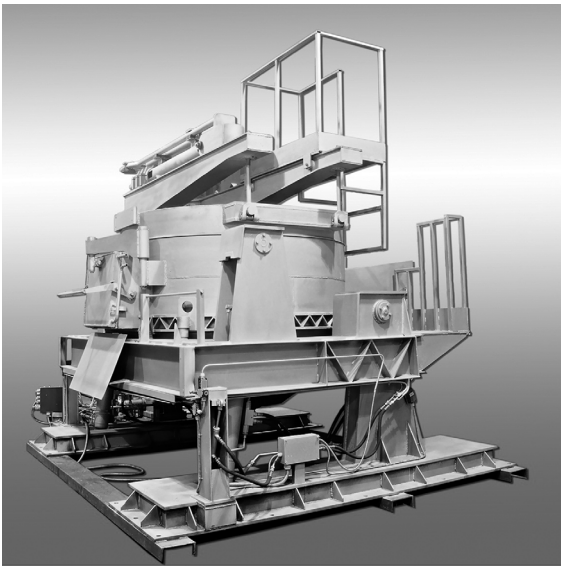


Рис. 1. ДППТ-1 производства ООО «ТОЛЕДО»

Литература

1. Дуговые печи постоянного тока нового поколения. К.т.н. Малиновский В.С. [Электронный ресурс]; // URL http://www.ntfecta.ru/default.php?page=4
2. Универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения для металлургии и машиностроения. К.т.н. Малиновский В.С., Малиновский В.Д., Власова И.Б. (ООО «НТФ «ЭКТА») [Электронный ресурс]; // URL http://www.ntfecta.ru/default.php?page=4

ПРОГРАММЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ – ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ

Салимов Р.И.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», ГУП РТ «Татарстанский ЦНТИ», г. Казань

PROGRAMS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT ENTERPRISES AS CORPORATE DEVELOPMENT TOOL OF ENERGY SAVING AND INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT

Salimov R.I.,
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Tatarstan Center of Scientific and Technical Information, Kazan

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы создания и внедрения программ инновационного развития предприятий как одного из основных инструментов инновационной экономики Республики Татарстан в результате принятия правительством республики долгосрочной целевой программы «Развитие рынка интеллектуальной собственности в Республике Татарстан». Реализация программ инновационного развития, интегрированных в бизнес-стратегию предприятий и региона, основана на принципах освоения новых технологий, повышения энергоэффективности, экологических характеристик производства и эффективного управления интеллектуальной собственностью. В результате реализации программ инновационного развития на предприятиях будут сформулированы основные направления технологического развития, разработаны планы инновационного развития, инновационные политики и значительно улучшены основные показатели эффективности производственных процессов.

Annotation

The article deals with the creation and implementation of innovative development programs of enterprises as one of the main tools of the innovation economy of the Republic of Tatarstan as a result of the Tatarstan Government of the Long-term Target Program "Development of the Tatarstan Intellectual Property Market". The implementation of innovative development programs that are integrated into the business strategy of the enterprise and the region, based on the principles of development of new technologies, energy efficiency, environmental performance and the production of effective intellectual property management. As a result of innovative development programs we will get the main directions of the technological development, planning innovative development, innovation policy and significantly improved key performance indicators of manufacturing processes.

Введение

В июне 2013 года на Петербургском международном экономическом форуме Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил, что экономический рост российских предприятий должен базироваться на трех китах: увеличение производительности труда, инвестиции и инновации. Производительность труда, по сути, является концентрированным выражением эффективности производства, которая обеспечивается реализацией инвестиционных программ, основанных на инновациях. Повышение производительности труда, а значит, и конкурентоспособности продукции, особенно важно в связи с ростом конкуренции со стороны зарубежных производителей, в том числе в результате вступления России в ВТО.

Российские предприятия все чаще в качестве своей ключевой стратегической задачи развития ставят модернизацию производства с ориентиром на инновации. Необходимость эффективного развития производства обозначена Правительством Республики Татарстан, которым поставлена задача создания в республике высокотехнологичной, инновационно

развитой и инвестиционно привлекательной конкурентоспособной экономики, обеспечивающей высокое качество жизни населения. Поэтому в рамках реализации Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года [1], а также долгосрочной целевой программы «Развитие рынка интеллектуальной собственности» предусмотрена разработка предприятиями республики программ инновационного развития [2].

Основные показатели эффективности производственных процессов

Программа инновационного развития, интегрированная в бизнес-стратегию предприятия, должна содействовать ее модернизации и технологическому развитию. Ожидаемым эффектом в данном случае является значительное улучшение основных показателей эффективности производственных процессов с ориентиром на достижение среднеотраслевых значений, характерных для зарубежных компаний, включая:

– значительное повышение производительности труда – до 5 % ежегодно;

– существенное, более чем на 10 %, уменьшение себестоимости выпускаемой продукции (услуг);

– существенную, не ниже 5 %, экономию энергетических ресурсов в процессе производства;

– существенное улучшение потребительских свойств производимой продукции (повышение качества и снижение эксплуатационных расходов, повышение энергоэффективности, уменьшение числа отказов и аварий при эксплуатации, увеличение гарантийного срока эксплуатации, повышение степени утилизации продукции);

– повышение экологичности процесса производства и утилизации отходов производства;

– рост производства и экспорта инновационной продукции;

– рост доли нематериальных активов в общей сумме капитала предприятия.

В настоящее время корпоративные программы инновационного развития разработали и реализуют лишь три предприятия республики: ОАО «Татнефть», ОАО «КАМАЗ» и ОАО «Казанский вертолетный завод». Распространение их опыта на другие ведущие предприятия позволит точно также экстраполировать результаты на рост экономики всей республики, ориентируясь при этом на сравнительную характеристику производительности труда республиканских предприятий и мировых лидеров [3, 4, 5]. В данное мероприятие вовлечено свыше 100 ведущих предприятий Республики Татарстан.

Подпрограммы бизнес-процессов предприятия

Программа инновационного развития должна содержать подпрограммы, определяющие бизнес-процессы предприятия (мероприятия), которые разрабатываются на основе результатов проводимого технологического аудита:

– подпрограмма «Освоение новых технологий»;

– подпрограмма «Повышение энергоэффективности»;

– подпрограмма «Повышение экологичности производства;

– подпрограмма «Управление интеллектуальной собственностью».

Каждая подпрограмма должна включать достаточное количество ключевых показателей эффективности производственных процессов. При определении показателей эффективности следует исходить из условий их измеримости (выражены в количественных значениях), сопоставимости (применительно к российским и зарубежным компаниям).

Подпрограмма повышения энергоэффективности татарстанских предприятий строится с учетом положений Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [6] и Закона Республики Татарстан «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности на территории Республики Татарстан» [7]. Подпрограмма формирует перечень мероприятий, выработанных по итогам технологического и энергетического аудитов, с учетом лучших мировых практик в отношении энергосбережения и повышения энергоэффективности, в том числе с использованием возобновляемых и экологических чистых источников энергии, снижения потребления тепловой и электрической энергии.

Эти мероприятия включают:

– формирование энергетической политики предприятия и разработку программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

– разработку и внедрение системы энергетического менеджмента, включая внедрение внутренних регламентов, и системы мониторинга контрольных энергопараметров и индикаторов энергоэффективности [8];

– подготовку и повышение квалификации персонала в сфере энергоэффективности и энергосбережения;

– стимулирование участников энергосберегающих мероприятий [9].

Подпрограмма системы управления результатами интеллектуальной деятельности на предприятии является преимущественной особенностью развития предприятия. Это отмечено в важнейшем документе, принятом в Республике Татарстан в 2013 году, – долгосрочной целевой программе «Развитие рынка интеллектуальной собственности на 2013–2020 годы» [2]. Все большее значение приобретает роль нематериальных активов, доля которых в отечественных промышленных предприятиях чрезвычайно мала, поэтому подпрограмма управления интеллектуальной собственностью призвана подробно раскрыть действующие и запланированные мероприятия в области развития интеллектуальной собственности предприятия, а именно:

– создание и реализацию политики предприятия в сфере интеллектуальной собственности;

– создание системы управления результатами интеллектуальной деятельности на предприятии;

– развитие инфраструктуры интеллектуальной собственности (патентно-лицензионных служб, центров трансфера технологий, центров поддержки технологий и инноваций);

– вовлечение персонала всех уровней в процесс подготовки и переподготовки кадров на основе профессионального и дополнительного профессионального образования, повышения квалификации в сфере управления интеллектуальной собственностью;

– проведение аудита интеллектуальной собственности с целью инвентаризации интеллектуальной собственности, выявления охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности и постановки на баланс нематериальных активов с целью увеличения капитализации предприятия [10];

– охрана и защита результатов интеллектуальной деятельности.

Заключение

Ожидаемым результатом внедрения корпоративных программ инновационного развития станет создание системы управления инновационной деятельностью. Будут сформулированы основные направления технологического развития предприятия, разработаны планы инновационного развития, инновационных политик и иных управляющих документов, регламентирующих работу персонала в отношении инновационной деятельности.

Программы инновационного развития предприятий формируются на среднесрочный период (5–7 лет) с учетом приоритетов государственной научно-технической и инновационной политики, ориентированные на мировой уровень, а также на инновационное развитие ключевых отраслей экономики Республики Татарстан.

Программы инновационного развития предприятий являются существенным фактором роста экономического потенциала Республики Татарстан за счет значительного роста производительности труда. Достижение роста производительности труда на 5 и более процентов является задачей сложной, но опыт передовых предприятий России показывает, что эта задача вполне достижима. Инновации позволяют предприятию создавать новый качественный продукт, конкурентоспособный на рынке, внедрять технические, технологические, организационные, экономические и управленческие качественные изменения в деятельности предприятия, разрабатывать новые технологии, обеспечивающие развитие научно-технического прогресса.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.12.2011 № 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года».
2. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 15.01.2013 № 11 «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Развитие рынка интеллектуальной собственности в Республике Татарстан на 2013–2020 годы».
3. Презентация министра экономики Республики Татарстан Шагиахметова М.Р. «Социально-экономическое развитие Татарстана в 2013 году. Приоритетные направления формирования инновационной экономики» [Электронный ресурс] // Совместная итоговая коллегия Министерства экономики Республики Татарстан и Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан, 5 февраля 2014 года // г. Казань: Министерство экономики Республики Татарстан, 2014. 17 с.
4. Салимов Р.И., Хазиахметов А.З. О разработке программ инновационного развития предприятий Республики Татарстан // II конференция «Формирование и развитие рынка интеллектуальной собственности в регионе». Казань, 15 февраля 2013 года. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ. 2013. С. 188–192.
5. Салимов Р.И., Корнилова А.Ю. Программы инновационного развития предприятий – инструмент роста экономического потенциала Республики Татарстан: основные направления реализации мероприятий в 2014 году // Формирование и развитие рынка интеллектуальной собственности в регионе. Материалы III конференции и круглых столов. Казань, 14 февраля 2014 года. – Казань: Изд-во «Познание» Института экономики, управления и права. 2014. С. 113–121.
6. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
7. Закон Республики Татарстан от 14.07.2012 № 49-ЗРТ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности на территории Республики Татарстан».
8. Салимов Р.И., Горячкин В.П., Денисов Д.А. Программа развития энергетического менеджмента авиационного предприятия. Энергоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: тр./под общ. Ред. Мартынова Е.В. // XIV Междунар. симп., Казань, 18–20 марта 2014 г./ – Казань: Изд-во ООО «ТаГраф», 2014. – С. 376–379.
9. Салимов Р.И., Ференец А.В., Федоров А.А., Крутиков Е.В. Анализ применения системы магистрального и уличного (внутриквартального) освещения муниципального образования сельского типа на основе светодиодных светильников. // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера» (ICATS'2011), Казань, 15–17 июня 2011 г. Казань: ЗАО «Мир без границ», 2011. С. 264–265.
10. Здунов А.А., Дегтярев Г.Л., Мингалеев Г.Ф., Салимов Р.И. Об интеграции региональных систем учета результатов НИОКР в единую федеральную базу данных НИОКР // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 1 (65) Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. С. 181–186.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОСНОВНАЯ СТРУКТУРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕГИОНА

Трачук А.Р.,
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Институт энергосбережения и энергоменеджмента, г. Киев

THE ENERGY POTENTIAL OF INDUSTRIAL ENTERPRISE AS THE MAIN STRUCTURAL COMPONENT OF CONSTRUCTING AN OPTIMAL ENERGY BALANCE OF THE REGION

Trachuk A.R.,
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Institute for Energy Saving and Energy, Kiev

Аннотация

В статье проанализированы существующие методы оценки составляющих энергетического потенциала региона и определено понятие энергетического потенциала региона. Детально рассмотрены составляющие этого понятия. Определены общие особенности приведенных методов оценки энергетического потенциала региона. Рассмотрена возможность повышения энергетического баланса региона путем внедрения возобновляемых источников энергии.

Annotation

In the article the existing methods for assessing components of the energy potential of the region are analyzed and the concept of the energy potential of the region is defined. The components of the concept are considered in detail. The general features of the above methods to assess the energy potential of the region are defined. The possibility of improving the energy balance of the region through the implementation renewable energy sources are reviewed.

Введение

Для Украины вопросы повышения эффективности энергопотребления, реализации политики энергосбережения, создания и совершенствования энергорынка и повышения эффективности функционирования энергетики в целом приобрели особую актуальность и непосредственно связанны с энергобезопасностью страны [1]. Энергетическая безопасность страны зависит от наличия собственных ресурсов и эффективности их использования. Однако не каждый регион (даже в пределах одного государства) имеет собственные энергетические ресурсы в достаточном количестве для обеспечения собственных нужд, образуется диспропорция. Возникает потребность в добыче, концентрации, обогащении, преобразовании и транспортировке топливно-энергетических ресурсов. Диспропорция в обеспечении потребителей района энергетическими ресурсами отрицательно влияет на экономику, поскольку возникает потребность в транспортировке ресурсов. Существует два направления минимизации уровня данной диспропорции:

- повышение уровня самообеспечения региона энергетическими ресурсами;
- развитие энергетической инфраструктуры для взаимокомпенсации потребностей (от региона, в котором есть избыток, в регион, у которого возникла необходимость).

Современная промышленность требует значительных объемов первичных энергетических ресурсов (нефти, газа, угля, топлива, горючего), тепла и электроэнергии. Удовлетворение этих потребностей возможно за счет эффективного использования всех наличных энергетических ресурсов и тех, которые за счет достижений современной науки можно эффективно преобразовывать и передавать, включая те, использование которых ранее считалось экономически неэффективным. Совокупность энергетических и средств для удовлетворения энергетических потребностей составляет энергетический потенциал промышленного предприятия [2].

Проблема эффективной оценки энергетического потенциала промышленного предприятия всегда актуальна. Чрезвычайно важно иметь актуальную информацию об уровне энергетиче-

ского потенциала промышленного предприятия, включая нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии (НВИЭ), которые могут внести значительный вклад в решение этой проблемы, и реально оценены возможности для реализации готовых проектов в данном регионе, если возникнет такая потребность. Эффективная оценка энергетического потенциала позволит более эффективно планировать развитие энергетики и экономики региона.

Энергетическим потенциалом региона называют все ресурсы, которые территориально находятся в пределах региона, включая те, что уже разрабатываются, и те, что в перспективе могут быть использованы. Энергетический потенциал промышленного предприятия состоит из четырех основных блоков: природные энергетические ресурсы (включая НВИЭ), добывающие мощности, генерирующие мощности, транспортная инфраструктура [3].

К природным энергетическим ресурсам относят: природные ресурсы традиционного топлива, потенциал геотермальной энергии, гидроэнергетический потенциал, а также условия окружающей среды определенной территории. В структуре энергетического потенциала также следует учитывать месторождения топливно-энергетических ресурсов, которые уже разрабатываются, которые планируется разрабатывать в ближайшем будущем, а также разведанные перспективные месторождения. Проблема достоверной оценки энергетического потенциала актуальна не только для энергодефицитных регионов, ведь рост потребности в энергии и тенденция старения и износа оборудования в ближайшее время может привести к возникновению энергодефицита даже в тех регионах, которые сейчас имеют избыток энергоресурсов и генерирующих мощностей.

Привлечение НВИЭ в энергетический баланс региона

Вследствие постоянного роста цен на органическое топливо, экологические требования по выбросам тепла и вредных веществ, создают необходимые и благоприятные условия для развития НВИЭ как для централизованного, так и децентрализованного энергоснабжения. Существующие прогнозы развития НВИЭ предусматривают повышение уровня их использования. Анализ экономически целесообразных направлений развития и конкурентоспособности традиционных и инновационных мировых энергетических технологий базируется на сравнительном анализе их технико-экономических показателей. Такие виды НВИЭ, как биоэнергетические технологии, ветроэнергетические установки и другие, а в ближайшем будущем и другие технологии, обладают тенденцией к снижению стоимости генерирующего оборудования и производимой ими электрической и тепловой энергии, в результате чего их использование станет еще более целесообразным и экономически выгодным. Классической технологий стимулирования к использованию НВИЭ являются экономические стимулы. К таким стимулам относятся субсидии, кредитные линии с низкими процентными ставками, государственные гарантии по банковским кредитам, «зеленый тариф», налоговые каникулы и т. д. [4]. Изменение соотношения видов ТЭР региона и страны в целом будет способствовать реализации таких приоритетных задач энергетической стратегии, как национальная безопасность (особенно актуально для Украины), экологическая, экономическая и энергетическая эффективность. В связи с этим, при формировании топливно-энергетических балансов, одним из возможных направлений снижения доли традиционного топлива является привлечение НВИЭ. Основной проблемой такого привлечения является недостаточное количество принятых на государственном уровне экономических стимулов для их внедрения.

Также существует и несколько технико-экономических проблем:

– естественная нестабильность НВИЭ (малая плотность потока и изменчивость во времени);

– подключение НВИЭ в энергетическую систему и управление режимами при совместной работе нескольких источников требует установки дополнительного оборудования;

– организационно-экономическая и психологическая неготовность крупных компаний к массовому приему электроэнергии по заявочному принципу от НВИЭ;

– комплексные установки, использующие в качестве НВИЭ, так и органические виды топлива.

Учет потенциала НВИЭ в энергетическом балансе региона с учетом всех механизмов стимулирования и управления позволяет по-новому оценить и оптимизировать топливно-энергети-

ческие балансы регионов и активизировать инвестиционную деятельность в этом направлении по следующему алгоритму:

– определение для района рассматриваемого дополнительного потенциала по видам НВИЭ и уточнение возможных мест установки энергоустановок для их преобразования;

– оценка эффективности комплексного использования технологий преобразования НВИЭ и традиционных энергоустановок;

– рассмотрение вариантов формирования топливно-энергетического баланса региона с учетом использования НВИЭ, выбор оптимального варианта;

– разработка оптимального варианта топливно-энергетического баланса соответствующей энергетической стратегии региона;

– разработка на основе энергетической стратегии генеральных схем энергоснабжения региона;

– разработка программ модернизации энергетики [5].

Особенности оценки энергетического потенциала предприятия

Оценка энергетического потенциала предприятия должна проводиться комплексно и должна включать в себя все составляющие элементы этого понятия, в том числе и возобновляемые источники энергии.

Поскольку технологии преобразования энергии быстро развиваются, то оценку энергетического потенциала региона нужно проводить регулярно. Также целесообразно проводить оценку потенциальных возможностей повышения энергоэффективности. Потенциал каждого вида энергии можно измерять в произвольных единицах, для целостной оценки можно конвертировать в одну. Потенциал ископаемого топлива принято оценивать по категориям, сгруппированным по степени достоверности определения запасов. Мощности по добыче, преобразования и транспортировки следует разделить по следующим группам: установлены, работающие, временно работающие мощности, запланированные к вводу. Потенциал ресурсов различных видов НВИЭ можно рассматривать по следующим категориям: теоретически возможно, технически достижимый и целесообразно.

Выводы

Полноценная, всесторонняя оценка энергетического потенциала промышленного предприятия позволит более эффективно использовать местные виды топлива для обеспечения своих потребностей в электрической и тепловой энергии и более эффективно управлять топливно-энергетическим комплексом региона. Привлечение НВИЭ в энергетические балансы промышленных предприятий и их использование позволит получить целый ряд преимуществ как для региона, так и для страны в целом, среди которых: уменьшение доли органического топлива в обеспечении потребностей потребителей в энергии; уменьшение техногенной нагрузки на окружающую среду региона; повышение надежности энергоснабжения; повышение уровня национальной безопасности и энергетической независимости; развитие региона в соответствии с принципами «устойчивого развития».

Литература

1. Энергетический потенциал Украины. Исследование. – Киев: Центр социальных дослидженъ «София», 2007. – 49 с.
2. Ишаев В.И. Энергетический потенциал российского Дальнего Востока в стратегии национальной безопасности Российской Федерации. – Москва: Индрик, 2008. – 240 с.
3. Лукашов А. Методические подходы к оценке энергетического потенциала региона / Лукашов А. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 2. – С. 347–354.
4. Лаженцев В.Н., Дмитриева Т.Е. Природно-ресурсный потенциал как объект комплексных региональных исследований. – Сыктывкар, 2001. 52 с.
5. Бушуев В.В. Энергетический потенциал и устойчивое развитие. – Москва: ИАЦ Энергия, 2006. – 386 с. решения. / Иншеков Е.М. // Управление энергопотреблением: Сборник докладов / Под ред. Праховник А.В. – Киев: 2002. – 565 с.

РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Шапиро М.Ф.,
ОАО «НИПОМ», г. Дзержинск

SOLUTIONS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION

Shapiro M.F.,
JSC «NIPOM», Dzerzhinsk

Аннотация

ОАО «НИПОМ» (ОАО «Научно-исследовательское предприятие общего машиностроения») – многопрофильная компания, комплексно решающая задачи в электроснабжении и автоматизации.

Внедрение систем управления энергозатратами (СУЭЗ) на предприятии включает в себя ряд организационных и технических действий, направленных на сокращение энергетических затрат и увеличение производительности труда. Системы выполняют задачи планирования и контроля ключевых экономических показателей – удельных норм потребления энергии на единицу произведенной продукции и оптимизацию производственного цикла, мониторинга и управления режимами работы систем энергоснабжения.

Данные системы внедряются на базе существующих систем учета и информационной системы, позволяющей осуществлять сбор данных об энергопотреблении, формировать отчетность по всем основным энергоресурсам.

На основе собранных данных проводится анализ энергоиспользования, что позволяет оценить существующие источники энергозатрат, энергопотребление за прошлый период и по состоянию на текущий момент, произвести оценку потенциального потребления энергии.

На основе анализа энергоиспользования определяются места значительного потребления энергии, что позволяет определить производственные мощности, оборудование, системы, процессы и персонал, существенно влияющие на использование энергии. Кроме того, появляется возможность выявить другие факторы, вызывающие увеличение объема потребляемой энергии.

Система управления энергозатратами на основании планов выпуска продукции и изменения тарифов на энергоносители прогнозирует изменение энергозатрат и себестоимость продукции на 2–3 года вперед.

Annotation

NIPOM is a multi-business electrical engineering company offering complex solutions for electric power supply and automation.

Implementation of System control of energy at the Enterprise includes some organizational and technical measures taken in order to reduce energy costs and increase labor productivity. These Systems accomplish tasks to plan and control the key economic parameters-specific power consumption rates per a unit of goods manufactured, optimization of a production cycle, monitoring and control of Energy Supply Systems operation modes.

System control of energy are implemented on the basis of existing accounting and IT systems that provide collection of energy consumption data and preparation of reports relative to all main utilities.

On the basis of data collected energy use studies are conducted in order to assess existing power resources, energy consumption for previous period and as of to date, to estimate energy use potential.

Energy use studies allow to determine energy-intensive facilities and structures together with production capabilities, equipment, systems, processes and staff that substantively contribute to energy consumption. In addition, other factors that strongly influence in total energy input are revealed.

System control of energy (based on Output Programs and change in utilities tariffs) forecasts energy consumption changes and products costs for 2-3 years ahead.

Сегодня одним из приоритетных направлений развития экономики Российской Федерации является энергоэффективность – сокращение потребления энергоресурсов предприятиями и населением страны. В первую очередь это связано с необходимостью снижения нагрузки на окружающую среду в части потребления энергоресурсов и связанных с потреблением образований отходов, выбросов, сбросов, а также с увеличивающимися требованиями к энергетической эффективности во всем мире.

Об этом говорит подписанный президентом РФ 23 ноября 2009 г. федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В целях повышения энергоэффективности многие зарубежные компании уже внедрили системы энергоменеджмента на основе международного стандарта ISO 50001 Energy management systems – Requirements with guidance for use (Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по использованию). В России это стандарт ГОСТ Р ИСО-50001 2012.

Необходимость повышения энергоэффективности российских промышленных предприятий обоснована также еще одним фактором – ростом энергетической составляющей в себестоимости продукции и общим износом основных производственных фондов. Это в свою очередь снижает конкурентоспособность российских производителей по отношению к иностранным.

В качестве путей решения этого вопроса ОАО «НИПОМ» предлагает модернизацию систем электроснабжения и внедрение автоматизированной системы управления энергозатратами.

«НИПОМ» (ОАО «Научно-исследовательское предприятие общего машиностроения») – многопрофильная компания, комплексно решающая задачи в электроэнергетике и автоматизации. Для своих заказчиков предприятие выполняет полный спектр работ – от обследования объекта и проектирования до ввода в эксплуатацию и сервисного обслуживания. «НИПОМ» выпускает оборудование для распределения электроэнергии и управления электроустановками, системы постоянного тока и энергосберегающее оборудование.

Компания имеет успешный опыт в решении задач по повышению энергоэффективности и энергосбережению.

Основным инструментом повышения эффективности использования энегоресурсов и снижения затрат на эксплуатацию энергетического оборудования является система управления энергоресурсами (СУЭЗ).

СУЭЗ позволяет по каждому виду расходуемого энергоресурса организовать автоматический сбор, передачу, обработку, хранение данных (с заданной периодичностью) и подготовку форм корпоративной статистической отчетности. Построение и анализ фактических графиков нагрузки по видам потребляемых энергоресурсов в сочетании с фактическими объемами произведенной продукции дает возможность рассчитать ключевые показатели эффективности.

На основе показаний приборов система позволяет оценить существующие источники энергии, энергопотребление за прошлый период и по состоянию на текущий момент, а затем произвести оценку потенциального потребления энергии. То есть в зависимости от объема производства система способна спрогнозировать объемы потребления и энергозатраты на 2–3 года вперед (рис. 1).

Представление информации осуществляется на автоматизированных рабочих местах (АРМ) руководителей и специалистов. АРМ позволяет не только отслеживать данные, но и дистанционно управлять энергоснабжением, подачей тепла, воды. На рабочей панели АРМ энергетика отображается текущее состояние системы электроснабжения предприятия, причины аварийных срабатываний, а также значение токов с возможностью дистанционного включения и отключения автоматических выключателей. Сбор и передача данных на АРМ энергетика осуществляется по локальной сети.



Рис. 1. Система управления энергозатратами ОАО «НИПОМ»

Информация об энергопотреблении (общее потребление за отчетный период, потребление по участкам за отчетный период, месячное потребление, суточное потребление, недельное потребление и другая необходимая информация) предоставляется в графическом виде по любому отчетному промежутку времени.

С учетом полученных объективных данных определяются производственные мощности, оборудование, системы, процессы и персонал, существенно влияющие на использование энергии. Также выявляются и другие факторы, вызывающие увеличение объема потребляемой энергии. Собранные данные и анализ позволяют производить расчет энергопотребления в зависимости от партий выпускаемой продукции, сезонности или загрузки оборудования. Становится возможным расчет затрат энергоресурсов на каждую единицу продукции. Анализ всех этих данных позволяет разработать решения по устранению причин перерасхода энергоресурсов, оптимизировать режимы работы и ремонт энергооборудования.

Этапы внедрения СУЭЗ и сроки окупаемости зависят от реализуемых мероприятий и уровня предприятия. В среднем срок окупаемости составляет от 2 до 3 лет.

При этом самое важное – комплексный подход. Недостаточно просто поставить приборы учета, этого мало для управления потреблением. И только работая со всей системой в целом, внедряя проект комплексно, можно получить настоящий эффект. А результатом станет повышение конкурентоспособности компании-заказчика. Даже при росте выпуска продукции в несколько раз, при ежегодном увеличении тарифов на 10–15 % по всем энергоносителям энергозатраты не увеличиваются за счет грамотного управления энергоресурсами.

Одним из примеров реализации энергоэффективных решений «НИПОМ» является участие компании в качестве генерального подрядчика в проекте по созданию инновационной электрической сети 6/0,95/0,4 кВ в г. Богородск для нужд ОАО «МРСК Центра и Приволжья» Филиала «Нижновэнерго». В рамках проекта была создана система управления и учета электроэнергии.

Такая система позволяет обеспечить точное измерение количества электрической энергии, отпущенной потребителям, и прозрачность этой информации для всех заинтересованных лиц; автоматизацию сбора и передачи данных с применением технологии PLC (система для передачи голосовой информации или данных по силовым электросетям); управление ограничениями и отключениями нагрузки потребителей; реализацию функции многота-

рифности. По прогнозам специалистов «Нижновэнерго», построение инновационной электрической сети в Богородске позволит исключить безучетное потребление электроэнергии на территории реализации проекта.

До широкого внедрения СУЭЗ на предприятиях различного назначения «НИПОМ» внедрил ее у себя на предприятии. Успешный опыт применения системы на собственном предприятии позволяет компании демонстрировать реальный пример и активно внедрять системы управления энергозатратами на водозаборных, компрессорных станциях и промышленных предприятиях.

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2009 № 1830-р «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации».
3. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года».
4. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».
5. ОАО «НИПОМ». Система управления энергозатратами для промышленности и энергетики. Унифицированные решения. Материалы для проектирования. МП НАГС.014-2015.

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гусева Т.В.,
Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург,
Бегак М.В.,
ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва

THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGY AND IMPROVEMENTS IN THE RESOURCE EFFICIENCY INDUSTRY

Guseva T.V.,
Saint-Petersburg scientific research center for ecological safety RAS, St. Petersburg,
Begak M.V.,
Russian chemical-technological University named after D. I. Mendeleev, Moscow

В соответствии с определением, закреплённым в законопроекте № 584587-5 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (принят Государственной Думой и Советом Федерации в июле 2014 года), **наилучшая доступная технология** (НДТ) представляет собой «технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемую на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения» [1]. Это определение близко по сути к понятиям наилучших доступных технологий или технических методов, наилучших практик и пр., получившим распространение во многих странах мира (прежде всего в Европейском союзе, США, Японии, Южной Корее) [2].

В зарубежных странах понятие «технологии» включает как используемую технологию, так и способы проектирования, создания, обслуживания, эксплуатации и вывода предприятий из эксплуатации. «Доступные технологии» означают технологии, разработанные в масштабах, позволяющих их внедрить в соответствующей отрасли промышленности экономически и технически осуществимым способом с учетом соответствующих затрат и выгод. «Наилучшие» означают позволяющие наиболее эффективным способом достичь общего высокого уровня защиты окружающей среды (ОС) в целом [3]. НДТ охватывают собственно технологические, а также технические и управленческие (системы менеджмента) решения, обеспечивающие минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и высокую ресурсоэффективность производства крупных предприятий [4].

Качественное и количественное описание НДТ (прежде всего характера использования ресурсов, сырья, материалов, энергии, воды, а также выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образования и размещения отходов) содержится в Справочных документах по НДТ (Reference Documents on Best Available Techniques), которые разрабатываются для ключевых отраслей экономики и регулярно пересматриваются. Как правило, Справочные документы обновляются примерно раз в 7–9 лет [4]. Аналогичные документы получили распространение и в США и Канаде (так называемые «Профили промышленности»). В России для предприятий отраслей, подпадающих под действие законопроекта № 584587-5), должны быть разработаны отечественные или адаптированы европейские справочные документы, так называемые **Информационно-технические справочники по НДТ** [1, 5].

Для Европейского Союза Справочные документы разрабатываются Европейским бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнения. Это бюро было основано в Севилье (Испания) в 1997 г. на базе Института перспективных технологических исследований. В подготовке каждого документа принимают участие представители отрасли, для которой и разрабатывается документ, представители компаний, выпускающих технологическое оборудование, эксперты научно-исследовательских институтов, университетов, консультационных

фирм и общественных организаций. Предварительные версии Справочных документов обсуждаются с заинтересованными сторонами, а окончательные утверждаются Европейской комиссией и размещаются в открытом доступе на сайте Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнения (http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/) [3].

Подчеркнём, что хотя документы НДТ имеют справочный, ссылочный характер, попадание в установленные в них коридоры значений удельных выбросов/сбросов, объемов образования отходов, концентраций вредных веществ в отходящих газах и сточных водах является обязательным. Для конкретных предприятий эти параметры устанавливаются **комплексными экологическими разрешениями**, имеющими обязательный характер. То есть **движущей силой модернизации является обеспечение более высокого уровня экологической безопасности и ресурсоэффективности производства,** что отвечает национальным целям России, сформулированным в Распоряжении Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р «О комплексе мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий».

Обсуждаемый комплекс мер в целом устанавливает основные вехи перехода к наилучшим доступным технологиям и основных участников процесса подготовки необходимого нормативного и информационно-методического обеспечения. Однако процесс этот требует не только формального закрепления ключевой позиции Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, но скорейшего определения приоритетных практических шагов. При общем **поверхностном** знакомстве с понятием НДТ (Законопроект № 584587-5 разрабатывался и обсуждался в течение нескольких лет) на деле весьма значительная часть региональных органов власти, промышленных предприятий и отраслевых объединений и ассоциаций не представляет себе, каким образом может и должен осуществляться переход к НДТ.

Для того чтобы процесс практической модернизации промышленности и повышения ресурсоэффективности получил систематический характер, целесообразно предпринять ряд взаимосвязанных шагов.

1. Разработать **концепцию поэтапного перехода на принципы наилучших доступных технологий** в ключевых отраслях экономики.

– Обсудить с руководителями ведущих компаний готовность к демонстрации лидерства и заключения добровольных соглашений с Правительством Российской Федерации (и прежде всего с Министерством промышленности и торговли и Министерством природных ресурсов и экологии) в отношении графика достижения параметров НДТ на предприятиях соответствующих отраслей.

– Разработать предложения по мерам государственного софинансирования при переходе промышленности (вероятно, прежде всего социально значимых отраслей) на принципы наилучших доступных технологий.

– Активно поддерживать введение возможных мер экономического стимулирования для лидирующих предприятий (в том числе снижения налогооблагаемой базы при внедрении НДТ и др.).

– Целесообразно в первую очередь учесть и широко распространить в России опыт отраслей, в которых уровень обновления основных фондов и внедрения современных технологий достаточно высок.

– Способствовать широкому распространению опыта предприятий-лидеров, информации о достигнутых параметрах, свидетельствующих о высоких уровнях ресурсо- и энергоэффективности и защиты ОС.

2. Занять лидирующую позицию в формировании порядка разработки и в самом процессе **разработки Информационно-технических справочников по НДТ** в Российской Федерации.

– Создать **систему информационного обмена с участием заинтересованных сторон**, подобную той, что реализована в Европейском союзе;

– организовать **проведение сравнительного анализа (бенчмаркинга) по отраслям и идентификации параметров НДТ для Российской Федерации;**

– систематизировать результаты работ по подготовке национальных стандартов по НДТ и их учет при разработке Информационно-технических справочников;

– занять активную позицию в разработке отечественной версии Информационно-технического справочника по НДТ повышения энергоэффективности.

– В настоящее время доступен доработанный и дополненный российскими специалистами перевод европейского Справочника [6]; создание отечественного поручено Министерству энергетики, в то время как большая часть материалов такого справочника должна быть посвящена промышленности; аспекты энергетики должны обсуждаться в Информационно-техническом справочнике по НДТ при генерации энергии.

3. В ходе бенчмаркинга промышленности (по ОКВЭД или, по распространенной в научно-технических публикациях терминологии, по отраслям и подотраслям промышленности) **выявить решения, позволяющие достичь наилучших показателей ресурсо- и энергоэффективности и экологической результативности**. По результатам проведения бенчмаркинга в национальном масштабе можно будет сделать предварительные выводы:

– о состоянии отраслей (подотраслей) с точки зрения воздействия на ОС, ресурсо- и энергоэффективности;

– распределении лидеров, «средних» и худших предприятий с позиций объёмов производства, размещения, используемого сырья и пр.;

– периоде времени, необходимого для внедрения НДТ;

– возможности и целесообразности внедрения НДТ на предприятиях в определенные сроки (например, в ходе планируемой масштабной реконструкции, остановки, вызванной складывающимися на рынке обстоятельствами, и пр.) или поэтапного улучшения показателей (без масштабного перевооружения);

– необходимости экспертной поддержки предприятий, повышения квалификации кадров и пр.

Процедура бенчмаркинга весьма трудоёмка и требует лидирующей позиции Министерства промышленности и торговли, а также активного участия и открытости заинтересованных сторон. Вероятно, на первых порах придётся опираться на отраслевой опыт пилотных проектов и на инициативы крупных компаний, предприятия которых должны будут получать комплексные экологические разрешения.

Следует подчеркнуть фундаментальные отличия получивших распространение работ в сфере энергоаудита, экологического аудита и подготовки энергопаспортов и экологической разрешительной документации от работ по сравнительной оценке воздействия на ОС, ресурсо- и энергоэффективности предприятий. В первом случае накапливаются и анализируются данные по конкретным объектам (в том числе конфиденциальные), во втором – систематизируются сведения об уровне ресурсоэффективности и экологической результативности на уровне отраслей и регионов. Именно они необходимы для постановки национальных целей и для принятия решений о первоочередных пилотных проектах, об адресной поддержке предприятий.

4. Для обеспечения экспертной поддержки предприятий и активного продвижения практических работ по повышению ресурсоэффективности обеспечить разработку и ведение информационно-методического ресурса и программы добровольной сертификации лидеров, подобной программе Energy Star (США и Канада) [7], предоставляющего доступ к таким материалам, как:

– практические рекомендации по обеспечению энергоэффективности в различных отраслях промышленности;

– руководства по внедрению систем энергетического менеджмента;

– практические рекомендации по сертификации продукции и производств в соответствии с требованиями к энергоэффективности (программа Energy Star);

– руководства и пакеты обучающих материалов для руководителей и инженерного состава и др.

На рис. 1 представлен скриншот с сайта программы Energy Star.

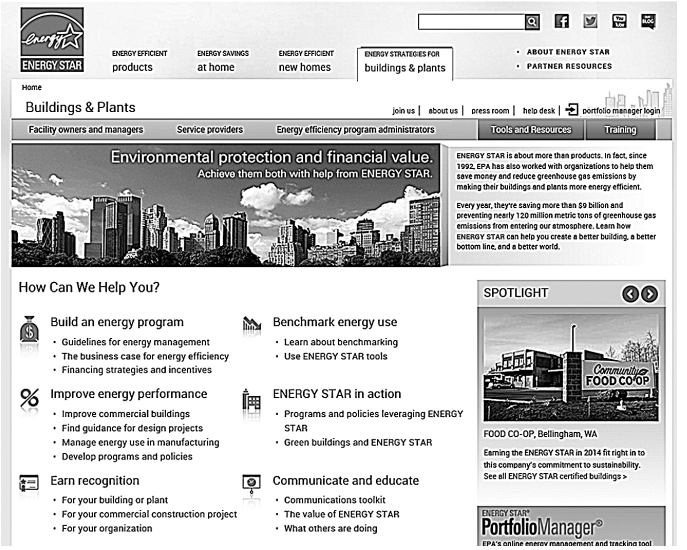


Рис. 1. Скриншот сайта программы Energy Star

5. Для обеспечения **экспертной поддержки предприятий и повышения квалификации кадров** целесообразно создать подчиненные единой логике программы и обучающие материалы. Эти обучающие материалы должны включать и экологическую часть, поэтому их следует готовить в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов и экологии (экспертами, определёнными этим министерством).

– Вводная программа для широкого круга слушателей в регионах.

– Принципы наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений. Международный и российский опыт внедрения НДТ. Системы энергоменеджмента и экологического менеджмента. Информационно-технические справочники и национальные стандарты по НДТ. Нормирование негативного воздействия на окружающую среду на основе НДТ.

– С учётом специфики регионов следует акцентировать внимание на отраслях, в которых внедрение НДТ будет происходить в первую очередь.

– Отраслевая программа, адресованная представителям предприятий ключевых отраслей, оказывающих значимое негативное воздействие на окружающую среду (возможно проведение отраслевых предприятий в регионах преимущественного распространения тех или иных предприятий).

– Принципы наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений. Бенчмаркинг промышленных предприятий и идентификация НДТ. Системы энергоменеджмента и экологического менеджмента. Энергоэффективность и экологическая результативность в соответствии с НДТ. Условия комплексных экологических разрешений.

– В зависимости от реальных потребностей программа может формироваться как отраслевая или как адресованная крупным предприятиям региона, представляющим различные отрасли промышленности.

– Программа, адресованная специалистам управлений Росприроднадзора, региональных министерств и комитетов по охране окружающей среды и министерств и комитетов по экономике и промышленности.

– Принципы наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений. Международный и российский опыт внедрения НДТ. Процедура разработки и рассмотрения заявки на комплексное экологическое разрешение. Подготовка и выдача КЭР.

Контроль соблюдения условий КЭР. Доступ общественности к информации о комплексных экологических разрешениях.

Спектр решений может быть расширен. По мере получения первых результатов и нахождения баланса между обязательными мерами (такими как НДТ для предприятий установленных правительством отраслей и комплексные экологические разрешения) и добровольными инициативами (такими как заключение соглашений с правительством относительно повышения энергоэффективности на отраслевом и региональном уровнях, организация сертификации предприятий-лидеров и пр.) можно будет говорить о разработке новых стимулов для промышленности и использовании зарекомендовавших себя аспектов накопленного в международном сообществе опыта.

Литература

1. Законопроект № 584587-5 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий».
2. Аверочкин Е.М., Молчанова Я.П., Гусева Т.В., Вартанян М.А. Национальные стандарты по наилучшим доступным технологиям как инструмент экологического нормирования предприятий, производящих керамические изделия // Химическая промышленность сегодня, № 9, 2013. С. 34–42.
3. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // Official Journal of the European Union, 17.12.2010, P. L.334/17-L334/119.
4. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / под ред. М. В. Бегака. – М.: ООО «ЮрИнфоР-Пресс», 2010.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р «О комплексе мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий».
6. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. М.: Эколайн, 2012. URL: http://14000.ru/projects/energy-efficiency/EnergyEfficiency2012RUS.pdf.
7. Energy Star Voluntary Program. URL: http://www.energystar.gov/about/

ЭКСПЕРТНАЯ ДИСКУССИЯ «ЭНЕРГОСЕРВИС ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И МУНИЦИПАЛИТЕТОВ»

УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Мукумов Р.Э.,
компания Hidden Energy, г. Москва

SMART LIGHTNING: TODAY AND TOMORROW

Mukumov R.E.,
Hidden Energy, Moscow

Аннотация

От правильного выбора системы управления освещением напрямую зависит, насколько действительно энергосберегающей будет вся система освещения. Какие существуют типы систем управления светотехникой и что принципиально важно учитывать при организации промышленного и уличного освещения?

Annotation

Lightning management allows to make lightning system really effective. What are modern opportunities and which are the key factors to be taken into account?

Энергосбережение в наружном и промышленном освещении сегодня фокусируется на снижении мощности светильников. Поэтому все чаще и чаще встречаются проекты, когда, например, натриевые светильники заменяют на светодиодные, индукционные и т.д. И забывают про системы управления: зачем еще экономить, когда и так вроде все красиво на бумаге получается. Но надо помнить, что системы управления освещением позволяют снижать не только саму мощность, но и руководить всем процессом освещения, можно даже таким образом организовать «умный город».

Управление уличными и промышленными светильниками можно разделить на следующие группы:

– управление включением-выключением светильников по утвержденному графику;

– управление через снижение напряжения (к примеру, до 170 Вольт вместо 220 Вольт);

– управление отдельно взятым светильником или объединенными в группы светильниками – оно и представляет наибольший интерес с точки зрения экономии.

В этой группе следует выделить устройства, осуществляющие передачу управляющих сигналов беспроводным способом.

Одна из таких технологий, получившая распространение за рубежом и ограниченное распространение в России, – это передача сигнала с использованием протокола ZigBee

Данная технология, являя собой стандарт беспроводной связи, создает особую сеть ZigBee (аналог Wi-Fi и Bluetooth) за счет использования миниатюрных устройств – радиопередатчиков с встроенным программным обеспечением. Это программное обеспечение позволяет приборам, работающим на основе протокола ZigBee, находить друг друга и передавать управляющие сигналы от одного к другому устройству.

В случае отключения или выхода из строя одного из этих устройств сигнал «перепрыгивает» к следующему, ближайшему, откуда по цепочке осуществляется дальнейшая трансляция до нужного устройства.

Другие беспроводные технологии используют радиосигнал. Есть и такие, которые используют сим-карты, вставленные в светильник. Один из недостатков беспроводных систем – неустойчивость радиосигнала к помехам.

Второй тип – управление освещением по проводам напряжением 220 Вольт.

Эти технологии также следует разделить на группы.

Первая – это так называемый PLC – Power Line Communication – была очень распространена в Советском Союзе, и сейчас ряд компаний производит блоки с данной системой управления.

При данной системе управления на силовой провод, который питает светильник и находится под напряжением, «накладывается» сверху частота. Эта частота и является управляющим сигналом.

Преимущества от использования PLC: не требуется прокладка отдельного кабеля; оперативность при развертывании сети передачи данных – электрические провода есть везде.

А недостатки? Главное, что любые помехи в виде веревочной гирлянды, троллейбусных проводов, подключенной к уличному освещению рекламы приводят к затуханию или перенаправлению управляющих сигналов. Светильник этот управляющий сигнал просто не получает.

Вторая группа - это когда частота не накладывается на провод, а моделируется частота 50 Гц - та, которую мы знаем со школьных времен.

В какой части при этом срезается полуволна – передней, задней, верхней – это все зависит от конкретного производителя этого оборудования. Эта система наиболее устойчива к помехам, не сопровождается потерями сигнала из-за различных помех. Одна из самых известных систем – система SEAK, которая пришла к нам из Восточной Европы и уже шагает по стране: надежность и приемлемые цены все больше находят признание.

Особняком стоят системы, в которых можно осуществить все три уровня.

Первый – когда в светильник «вживлен» некий чип, в который заложен график того, как ему светить. Такие светильники могут быть установлены в промышленных зданиях либо на улице. С помощью подобных модулей можно забыть об управлении светильниками – они будут «жить своей жизнью».

Второй уровень – когда нужно поменять заданный график, т.к. он был неудачно подобран или стал неактуальным. Как это сделать? Некоторые производители заявляют, что это невозможно, особенно это касается натриевых ламп. Но есть продвинутая система управления, которая предполагает, что можно открыть шкаф управления, который обычно предполагается на 100-150 светильников, и к каждому из них подать управляющий сигнал. В течение 12 секунд этот сигнал поменяет график освещения.

И самый высокий, третий уровень – это когда имеется центральная диспетчерская, которая объединяет все-все системы управления уличным освещением в одну, и путем простого «кликанья» мышкой можно управлять светильниками.

Опять же система SEAK всех трех уровней.

Следует также учитывать структуру управления, иерархию. Одна система, например, строит иерархии сверху вниз. То есть сначала нужно приобрести компьютер, рабочее место и необходимые программы, затем – посылать сигнал сверху. Другая строится снизу, когда светильник работает самостоятельно, координируется, а диспетчер вмешивается лишь при необходимости поменять в реальном времени мощность освещения либо ввести новый график.

Сейчас активно приходит светодиодное освещение, и многие бросились заменять другие виды ламп на светодиодные светильники. Но мало кто понимает, что, купив светодиодный светильник без управления, он буквально приковывает себя наручниками к системе под названием «неуправляемый город». А это уже вчерашний день.

Умный и грамотный заказчик сейчас приобретает те светильники, которыми легко можно управлять через смартфоны, компьютеры, Wi-Fi и т.д., потому что такая светотехника позволяет не только экономить, но и эффективно управлять городом.

Обобщая, можно сказать, что будущее светотехники - это именно управляемые светильники, будь то светодиодные, индукционные или натриевые лампы.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПУТЕМ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ЭНЕРГОСЕРВИСНЫХ КОНТРАКТОВ

Шафигуллин Р.Г.,
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань

IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING MEASURES THROUGH ENERGY SERVICE CONTRACTS

Shafigullin R.G.,
Center of energy saving technologies of the Republic of Tatarstan under the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan, Kazan

Аннотация

Рынок модернизации уличного освещения насыщен предложениями энергосервисных компаний. Ключевой проблемой является стимулирование заключения энергосервисных контрактов органами исполнительной власти муниципальных образований. Предлагаемая организационно-финансовая модель реализации инвестиционных проектов в сфере уличного освещения при государственной поддержке позволит в кратчайшие сроки осуществить комплексную модернизацию системы уличного освещения в населенных пунктах Республики Татарстан.

Annotation

Market modernization of street lighting abounds in energy service companies. A key issue is the promotion of energy service contracts the Executive authorities of municipalities. Proposed organizational and financial model for the implementation of investment projects in the field of street lighting will allow in the shortest time to implement a comprehensive modernization of street lighting in the settlements of the Republic of Tatarstan.

В условиях дефицита бюджетов всех уровней для финансирования энергосбережения необходимо сочетание бюджетных и внебюджетных финансовых ресурсов. Одним из важнейших инновационных механизмов внебюджетного финансирования энергосберегающих проектов в бюджетной сфере является реализация энергосберегающих проектов путем заключения энергосервисных контрактов. Наиболее эффективными энергосервисными проектами являются проекты модернизации уличного освещения.

Для модернизации уличного освещения населенных пунктов Республики Татарстан необходимо заменить на энергосберегающие 72 245 светильников. В настоящее время в Республике Татарстан реализуются 3 энергосервисных проекта модернизации уличного освещения: в г. Чистополе, в пгт. Б. Сабы и с. Шемордан. Ведется отбор 5 городов и районов республики для проведения предпроектной подготовки энергосервисных проектов в 2015 году.

В ходе реализации энергосервисного проекта «Уличное освещение города Чистополь» заменены на энергосберегающие 5307 светильников на общую сумму 40 млн руб. Фактическая экономия потребления электроэнергии за 2014 год составила – 15 млн руб. Ожидаемый срок окупаемости проекта – 3 года.

В то же время в целях усиления привлекательности, сокращения сроков реализации необходимо исключить из энергосервисных проектов работы, которые не приносят достаточного экономического эффекта. Например, приобретение и монтаж выносных щитов, провода и тем более замену опор, которые настолько утяжеляют энергосервисный проект, что его реализация становится экономически нецелесообразной. Выполнение таких работ должно финансироваться за счет средств капвложений.

В настоящее время имеется уникальная возможность выполнения работ по модернизации уличного освещения в городах и районах Республики Татарстан за счет сочетания

бюджетных и внебюджетных источников финансирования. Ежегодно в бюджете республики предусматриваются средства на выполнение работ по восстановлению уличного освещения населенных пунктов с общим объемом финансирования 225 млн руб. Распоряжением Кабинета Министров Республики Татарстан от 01.12.14 № 2435-р в 2015 г. предусмотрена замена 11,7 тыс. светильников в населенных пунктах Республики Татарстан на общую сумму 152 млн руб.

Учитывая, что замена светильников на энергосберегающие экономически эффективна, выполнение таких работ с применением схемы энергосервиса обсуждалось на заседании научно-технического совета Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства РТ 25.06.2014, но, к сожалению, не было предложено к реализации в текущем году.

Расчет объема работ по восстановлению уличного освещения населенных пунктов Республики Татарстан при различных источниках финансирования приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Расчет объема работ по восстановлению уличного освещения населенных пунктов Республики Татарстан

Виды выполняемых работ и расходов	Источники финансирования	
	бюджет РТ	сочетание бюджета РТ и энергосервиса
1. Установка светильников		
количество (тыс. шт.)	11,7	36,4
Сумма установки с учетом монтажа	152,1	473,3
2. Установка выносных щитов		
количество (тыс. шт.)	0,6	2,0
Сумма с учетом монтажа	12,8	39,8
3. Монтаж провода СИП 2А		
длина (км)	390	1213
Сумма с учетом монтажа	58,5	182,0
Нераспределенная сумма	1,6	5,0
Итого сумма на выполнение работ	225	700

Энергосервис путем сочетания бюджетных и внебюджетных финансовых источников позволяет в 3 раза увеличить общий объем финансирования работ – с 225 млн руб. до 700 млн руб.

Количество ежегодно устанавливаемых в городах и районах РТ светильников вырастет с 12 тыс. до 36 тыс. штук, что позволит значительно сократить сроки модернизации уличного освещения в республике.

Для выполнения указанных работ путем заключения энергосервисных контрактов исполнительным комитетам городов и районов при формировании бюджета следующего года необходимо выйти с инициативой направить эти средства на закупку оборудования и работ не приносящих прямого экономического эффекта: установку выносных щитов, провода СИП 2А и др.

Светильники предоставляются предприятиями-производителями на основе энергосервисных контрактов с исполнительными комитетами городов и районов. Закупка материалов и комплектующих для производства светильников может осуществляться в том числе по договору возвратного лизинга.

Аналогичный энергосервисный проект по модернизации уличного освещения реализуется в пгт. Б. Сабы. Сметная стоимость проекта – 9 млн руб. По завершении инвестиционной части проекта Исполнительный комитет района уплатил Альметьевскому заводу «Радиоприбор» за выполненные работы 7 млн рублей из бюджетных средств. Оставшаяся сумма оплачивается фиксированными ежемесячными платежами за счет фактической экономии электрической энергии в результате замены светильников уличного освещения на энергосберегающие.

Реализация данной схемы не требует увеличения общего объема бюджетных средств на финансирование работ по восстановлению уличного освещения в населенных пунктах Республики Татарстан.

Энергосервисные контракты также позволят исключить риски исполнительных комитетов, связанные с обеспечением надежности светильников, используемых для модернизации уличного освещения.

В настоящее время статистика эксплуатации энергосберегающих светильников не достаточна. В зависимости от производителя есть надежные светильники, но встречаются и такие светильники, ресурса которых хватает только «для демонстрации у прилавка».

Энергосервисный контракт исключает риски заказчика – исполнительного комитета. Все риски несет энергосервисная компания, в данном случае предприятие-производитель светильников, который по условиям энергосервисного контракта получает деньги только от экономии электроэнергии. Нет экономии – нет денег! Поэтому ни одно предприятие-производитель светильников не заключит энергосервисный контракт, не будучи уверенным в надежности своих светильников.

Энергосервисные контракты позволят обеспечить надежность светильников уличного освещения, устанавливаемых в населенных пунктах Республики Татарстан.

Надо отметить, что для отдельных городов республики эффективность бюджетных расходов еще выше. Например, для городов Бавлы, Зеленодольск, Лениногорск, Н. Челны и ряда других применение схемы энергосервиса позволяет повысить эффективность бюджетных расходов на выполнение работ по восстановлению уличного освещения в 5 раз.

В настоящее время Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан совместно с организациями-партнерами проводит отбор городов республики для проведения на договорной основе предпроектных работ в целях реализации энергосервисных проектов по модернизации уличного освещения.

Порядок проведения предпроектных работ по энергосервисному проекту состоит из следующих этапов (табл. 2):

Выполнение работ по замене светильников уличного освещения на энергосберегающие за счет частных инвестиций позволит значительно снизить затраты бюджета на полное восстановление, модернизацию и содержание уличного освещения населенных пунктов Республики Татарстан. Бюджетные расходы на оплату электроэнергии на нужды уличного освещения снизятся в 1,5 раза.

Предлагаемая организационно-финансовая модель реализации инвестиционных проектов в сфере уличного освещения при государственной поддержке позволит в кратчайшие сроки осуществить комплексную модернизацию системы уличного освещения в населенных пунктах Республики Татарстан.

Таблица 2.

Порядок проведения предпроектных работ по энергосервисному проекту

№	Работы	Документы
1.	Отбор объектов энергосервисного проекта	перечень объектов
2.	Проведение экспресс-обследования объектов	актуальные сведения об объектах
3.	Разработка проекта организационной схемы и прединвестиционной документации	
3.1.	Описание действующей организационной схемы эксплуатации объектов	действующая схема эксплуатации
3.2.	Описание организационной схемы реализации энергосервисного проекта на всех этапах	схема реализации проекта
3.3.	Разработка схемы финансирования энергосервисного проекта	схема финансирования
3.4.	Разработка технико-экономического обоснования энергосервисного проекта и иной документации	прединвестиционная документация
4.	Планирование средств на исполнение энергосервисного контракта	изменения в финансовые планы
5.	Определение основных условий энергосервисного контракта	
5.1.	Разработка основных условий технической части энергосервисного контракта, в том числе регламента определения базового потребления электроэнергии, плана измерения и верификации достигнутой экономии электроэнергии	основные условия технической части
5.2.	Разработка основных условий энергосервисного контракта, в том числе порядка сдачи-приемки результатов, исполненных обязательств	план измерения и верификации экономии
6.	Разработка и согласование проекта энергосервисного контракта	проект ЭСК
7.	Разработка документации для размещения заказа на энергосервис	согласованная документация
8.	Методическая и консультационная поддержка при размещении заказа на ЭСК	

Литература

1. Материалы заседания научно-технического совета Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства РТ от 25.06.2014 по разработке и внедрению программы по модернизации уличного освещения в населенных пунктах Республики Татарстан.
2. Распоряжение Кабинета Министров Республики Татарстан от 01.12.2014 № 2435-р.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ИЗДЕЛИЯ В ОБЛАСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ, НЕ УСТУПАЮЩИЕ ЛУЧШИМ МИРОВЫМ АНАЛОГАМ

Барон В.Г.,
ООО «Теплообмен», г. Севастополь

DOMESTIC IMPORT-SUBSTITUTING TECHNICAL SOLUTIONS AND PRODUCTS IN THE FIELD OF HEATING AND VENTILATION, NOT INFERIOR TO THE BEST WORLD ANALOGUES

Baron V.G.,
«Heat transfer», Sevastopol

Аннотация

На сегодня перед научно-техническим и промышленным комплексом России остро встал вопрос обеспечения импортозамещения. В связи с этим иногда осознанно идут на некоторое снижение технико-экономических показателей, сопряженное с применением отечественного оборудования взамен импортных аналогов. В данном докладе приводится информация об отечественном теплотехническом оборудовании, которое не только не уступает современным зарубежным аналогам, но и для обширного круга задач превосходит западноевропейское оборудование по всему комплексу потребительских характеристик. Это утверждение является не голословным, а подтверждено тем фактом, что описываемое отечественное оборудование в течение ряда лет экспортируется, причем не только в страны СНГ, но и в страны Евросоюза.

Нельзя не подчеркнуть еще одну важную особенность описываемого отечественного оборудования: оно имеет явно выраженную энергосберегающую, а в более широком плане – ресурсосберегающую составляющую.

Annotation

Today before you the scientific, technical and industrial complex of Russia raised the issue of ensuring import substitution. In this regard, sometimes consciously allow some reduction of technical and economic indicators, combined with the use of domestic equipment instead of imported analogues. This report provides information about domestic thermal equipment, which is not inferior to modern foreign counterparts, but also for a broad range of tasks exceeds the Western European equipment across the entire range of consumer characteristics. This claim is not unfounded, as demonstrated by the fact that the domestic equipment for several years, exported, and not only in CIS countries but also in EU countries.

It is impossible not to emphasize another important feature of the described domestic equipment: it has a pronounced energy-saving, and more broadly – saving component.

Теплообменные аппараты ТТАИ

Нашим предприятием созданы и уже более 20 лет серийно выпускаются кожухотрубные теплообменные аппараты, которые по комплексу потребительских свойств, для большого числа задач, при объективном, непредвзятом сравнении, превосходят современные пластинчатые теплообменники, в т.ч. самых известных мировых производителей. Это разборные кожухотрубные теплообменники, маркируемые аббревиатурой ТТАИ. Они имеют свою, достаточно обширную нишу, в которой им на сегодня не могут составить конкуренцию никакие разборные пластинчатые теплообменники. Эта ниша в самых общих чертах характеризуется следующими параметрами: рабочие давления сред – до 1,6МПа, рабочие температуры среды – от (-40) °С до 250 °С, типы рабочих сред – невязкие капельные жидкости, пар. Но по отдельно согласованным ТЗ выпускаются модификации аппаратов ТТАИ, выходящие за указанные рамки.

Аппараты ТТАИ позволяют без снижения технико-экономических показателей заменить импортные пластинчатые аппараты на отечественное оборудование. При этом применение аппаратов ТТАИ гарантирует весомое ресурсоэнергосбережение и заметный положительный экологический эффект на макроуровне.

При правильном подходе к проектированию объектов, в которых применяются теплообменные аппараты, использование теплообменников ТТАИ позволяет радикальным образом экономить производственные площади, что приводит иногда к высвобождению целых отдельно стоящих зданий, которые могут быть использованы по другому назначению, вплоть до застройки ранее занятого ими участка земли зданиями другого назначения. Одновременно с этим зачастую достигается и повышение показателей надежности объекта, т.к. обеспечивается непосредственный и свободный доступ к любому элементу системы (имеется в виду использование идеологии «планшетных» теплопунктов).

Достижение этих преимуществ обусловлено тем, что на сопоставимые условия аппараты ТТАИ примерно на порядок легче современных импортных разборных пластинчатых теплообменников и имеют примерно в 5 раз меньший габаритный объем. Для примера в таблице 1 приведены характеристики режима и сравнительные весовые характеристики аппарата ТТАИ и современного разборного пластинчатого теплообменника для этого режима.

Таблица 1.

Характеристики режима и сравнительные весовые характеристики аппарата ТТАИ и современного разборного пластинчатого теплообменника

Нагреваемая вода				Греющая вода				Масса, кг	
расход; $м^3/ч$	температура, °С		сопротивление, м.в.ст	расход; $м^3/ч$	температура, °С		сопротивление, м.в.ст	пластинчатый	ТТАИ
	вход	выход			вход	выход			
114,6	70	95	4,5	55	130	76	1,2	1240	93

Однако для выявления этих преимуществ, предоставляемых отечественным оборудованием, проектанты систем должны на психологическом уровне изменить свое восприятие теплообменных аппаратов ТТАИ и, как правило, начать воспринимать эти теплообменники не как элемент оборудования, требующий своего фундамента и зону обслуживания, а как элемент трубопровода, предусматривая для крепления аппаратов ТТАИ путевые опоры, применяемые для трубопроводов, и исключая такие привычные для теплообменников понятия, как «зона обслуживания» и «габарит выема».

Но помимо этих, явно не свойственных импортным аналогам положительных качеств, аппараты ТТАИ обладают еще и энергоресурсосберегающими свойствами. Основные энергосберегающие преимущества обусловлены тем, что теплообменные аппараты ТТАИ примерно на порядок легче, чем современные импортные аналоги. Следовательно, для изготовления теплообменника ТТАИ для решения некоей теплотехнической задачи потребуется примерно в 10 раз меньше металла. Если учесть, что с одной стороны производство тех металлов, которые используются для изготовления теплообменных аппаратов (высоколегированные нержавеющие стали, титановые сплавы и цветные металлы), является одним из наиболее энергоемких и экологически вредных в металлургическом производстве (которое само по себе является исключительно энергоемким и экологически вредным), а с другой стороны учесть, что в энергетике (в т.ч. коммунальной) ежегодно применяется теплообменного оборудования на многие сотни тонн, то макроэкономический энергосберегающий и положительный

экологический эффект представляются огромными и оказывающими ощутимое влияние на энергетический баланс всей металлургической отрасли и на общее экологическое состояние окружающей среды.

Следует упомянуть и о ресурсосберегающем эффекте от применения аппаратов ТТАИ. Достаточно вспомнить, что в состав основных металлов, используемых при изготовлении современных теплообменников, входят компоненты, встречающиеся в природе в весьма ограниченных количествах и являющиеся остродефицитными (никель, хром, титан, медь, молибден и пр.). Очевидно, что радикальное, измеряемое десятками, а при широком использовании аппаратов ТТАИ сотнями тонн сокращение потребности в металле для выпуска теплообменных аппаратов благотворно сказывается на сохранении не только энергетических, но и иных ископаемых природных ресурсов.

Однако широкое применение разработанных нами инновационных изделий – аппаратов ТТАИ, помимо макроэкономического энергоресурсосберегающего эффекта, дает и микроэкономический энергосберегающий эффект, возникающий непосредственно у потребителя. На этом уровне энергосбережение достигается, во-первых, благодаря чрезвычайно высокой тепловой эффективности аппаратов ТТАИ, что позволяет добиваться разности температур рабочих сред до 1 °С, и, во-вторых, благодаря исключительно малой тепловой инерции, исчисляемой секундами, а не привычными для теплообменников минутами, что позволяет переходить с одного режима на другой в значительно более короткое время.

Высокие технико-экономические и энергоресурсосберегающие характеристики аппаратов ТТАИ, обеспечивающие возможность импортозамещения не только без снижения интегральных характеристик объекта в целом, но, напротив, сообщающие объекту дополнительные преимущества, обусловлены тем, что большинство конструктивных решений аппаратов ТТАИ не только не уступают по научно-техническому уровню аналогичным решениям, примененным при создании современных пластинчатых аппаратов, но и превосходят их. В частности, аппараты ТТАИ изготавливаются из высоколегированных нержавеющих сталей аустенитного класса, причем из тех же марок сталей, что применяются при изготовлении теплопередающих пластин наиболее высококачественных пластинчатых теплообменников. В аппаратах ТТАИ используются не гладкие, а специальным образом профилированные особотонкостенные теплопередающие трубки. Уплотнительные резиновые прокладки выполняются из высокотемпературных, в т.ч. силиконовых, резин. Причем в аппаратах ТТАИ эти резиновые прокладки составляют ничтожную долю стоимости всего аппарата в отличие от разборных пластинчатых теплообменников, где эти прокладки (а резиновые прокладки неизбежно приходится в течение срока службы аппарата менять несколько раз) вполне сопоставимы со стоимостью нового аппарата в сборе. Трубные решетки имеют нерегулярную разбивку (это видно на рис. 1).

Не менее очевидным является и превосходство над импортными аналогами сугубо потребительских характеристик аппаратов ТТАИ: на сопоставимые задачи они радикально легче и имеют существенно меньший габаритный объем, чем современные разборные пластинчатые теплообменники. Аппараты ТТАИ удобнее в компоновке на объекте, легче монтируются и обслуживаются и как минимум имеют не худшие показатели надежности. Эти кожухотрубные теплообменники (аппараты ТТАИ) по своим массогабаритным и ценовым характеристикам сопоставимы с неразборными пластинчатыми аппаратами, но в отличие от последних являются разборными, причем по одной из полостей (трубной) – легкоразборными. Грамотное, с осознанным учетом их особенностей применение аппаратов типа ТТАИ позволяет самым радикальным образом экономить производственные площади помещений, предназначенных для размещения теплопередающего оборудования, и сокращать стоимости монтажных работ. При создании ЦТП (центральных теплопунктов) появляется возможность даже изменять технологию строительства этих теплопунктов и размеры землеотвода под ЦТП, а порой вообще отказываться от создания ЦТП, передавая их функции ИТП (индивидуальным теплопунктам), размещаемым в технических помещениях существующих зданий.

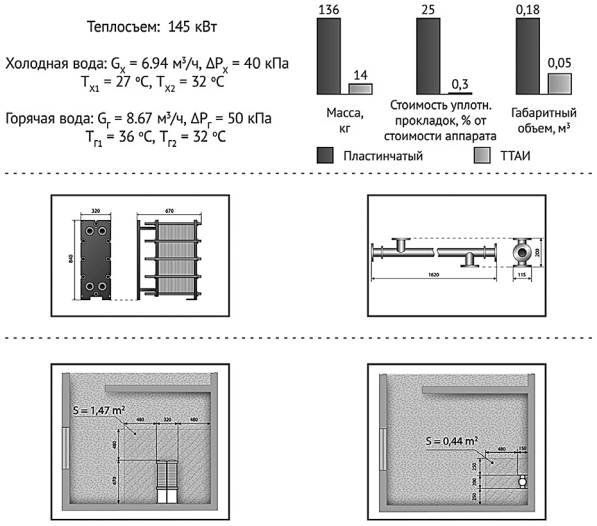


Рис. 1. Сравнение аппаратов ТТАИ с разборными пластинчатыми

Преимущества аппаратов ТТАИ тем более привлекательны, что экспериментально отлаженная математическая модель их расчетов, а также исключительно гибкая технология и разнообразная спецоснастка позволяют изготавливать эти аппараты практически под каждую конкретно стоящую задачу, реализуя стратегию: индивидуальный подбор и изготовление аппаратов по ценам и в сроки серийных. Достигается эта стратегия благодаря тому, что существующий типоразмерный ряд аппаратов ТТАИ состоит из более чем 12 тыс. позиций, включая традиционные одноходовые, более-менее привычные двухходовые (по одной или по обеим полостям) и такие необычные кожухотрубные аппараты, как сложноходовые (имеющие два входа в межтрубное пространство и один выход).

Нет ничего удивительного в том, что фирмы-производители или распространители пластинчатых аппаратов делают вид, что в природе не существует высокоэффективных кожухотрубных аппаратов ТТАИ. Удивительно другое: то, что преимуществами, открывающимися при использовании отечественных аппаратов ТТАИ /2,3/, так не активно пользуются на объектах теплоэнергетики, в т.ч. коммунальные службы городов, и с упорством, достойным лучшего применения, приобретают импортные (или собранные в России, но полностью из импортных комплектующих) пластинчатые аппараты. В настоящее время при однозначно поставленной задаче импортозамещения ситуация начала меняться кардинально.

«Планшетные» индивидуальные теплопункты

Наличие высокоэффективных, неправдоподобно легких и псевдоодномерных (т.е. практически имеющих только один размер – длину, т.к. диаметр корпуса почти равен диаметру трубопроводов, которыми смонтирована система) аппаратов ТТАИ позволило нам предложить принципиально новую идеологию создания ИТП, реализация которой вообще невозможна без применения теплообменников ТТАИ. Эта стратегия создания ИТП получила название «Планшетные теплопункты». Она дает огромные преимущества и по удобству монтажа (а главное, последующего обслуживания), и по весовым характеристикам, и, что является главным преимуществом, по радикальному сокращению площадей, необходимых для размещения ИТП /4/.

Существуют десятки объектов, где из-за затесненности не удавалось разместить импортный современный ИТП в блочно-модульном исполнении, но где с успехом размещался планшетный ИТП, созданный на базе применения аппаратов ТТАИ, что является убедительным доказательством эффективного импортозамещения на базе отечественных теплообменников ТТАИ.

Емкостные водоподогреватели с выносным греющим элементом

Наличие таких высокоэффективных и псевдоодномерных аппаратов, как ТТАИ позволило нам предложить компактный и эффективный емкостный водоподогреватель с выносным греющим элементом, в качестве которого используется пристыкованный к емкости теплообменник ТТАИ /5/. Такие емкостные подогреватели чрезвычайно удачно решают задачи горячего водоснабжения относительно небольших объектов с явно выраженной неравномерностью водопотребления или объектов с малым количеством точек водоразбора, обеспечивая необходимое горячее водоснабжение объекта при тепловой мощности источника тепла (например, котла), значительно меньшей, чем необходимо для покрытия пиковых нагрузок, но при этом обеспечивая непрерывную тепловую мощность, значительно большую, чем способны обеспечить традиционные емкостные подогреватели с встроенным теплопередающим элементом. Объясняется это тем, что предложенные нами емкостные подогреватели с выносным греющим элементом одновременно проявляют свойства и емкостных, и скоростных водопогревателей, обеспечивая покрытие пиковых водоразборов за счет накопленного объема горячей воды, а достаточно большую непрерывную тепловую мощность за счет скоростного водонагревателя.

Рекуператоры тепла вентиляционного воздуха ТеФо(энергосберегающие проветриватели)

Принятое в последнее время правило устанавливать в зданиях энергосберегающие окна и двери с высокоплотными притворами, а тем более осуществлять замену окон в старых домах достаточно остро поставило вопрос об обеспечении необходимой вентиляции в таких помещениях. В противном случае в помещениях ухудшается газовый состав воздуха, растет влажность, появляется плесень, что в итоге сформировало в среде специалистов понятие «синдром больного здания». Но необходимо обеспечить такую вентиляцию, которая не свела бы на нет весь энергосберегающий эффект от установки новых окон (ради чего они, собственно говоря, и ставятся). Пока единственным решением, способным удовлетворить этому условию, является применение рекуператоров тепла вентиляционного воздуха. Вообще-то возможно применение как центральных, так и децентрализованных рекуператоров. Однако в большом числе случаев наиболее целесообразным является использование децентрализованных рекуператоров тепла. Созданные в 2004 г. (летом 2004 г. в сертифицированный климатической камере были проведены уже периодические испытания типовых представителей) на базе теплообменников ТТАИ децентрализованные рекуператоры тепла вентиляционного воздуха ТеФо (Теплая Форточка), которые являются, по сути, частным случаем аппаратов ТТАИ, выделенным по назначению в отдельную группу, позволяют весьма эффективно решать задачу энергосберегающего проветривания помещений, оборудованных современными окнами и дверьми с высокоплотными притворами. Эти изделия (ТеФо) по комплексу потребительских свойств превосходят известные на сегодня импортные аналоги: эффект энергосбережения ТеФо находится на уровне лучших импортных аналогов, цена меньше, чем у аналогов, но при этом ТеФо обладают лучшими санитарно-гигиеническими характеристиками и более удобно компонуются в помещениях /6,7/. Очевидное превосходство отечественных рекуператоров ТеФо перед импортными аналогами выявляет очевидную возможность импортозамещения не только без снижения, но, наоборот, с ростом комплексных показателей рекуператоров.

Локальные охладители воздуха:

а) использующие бросовый холод воды хозяйственно-бытового назначения.

В последние годы под влиянием роста цен на энергоносители с одной стороны и в связи с переходом потребности в кондиционировании воздуха из области рекомендаций в область необходимых атрибутов современных помещений с другой стороны нами было найдено еще одно, как нам представляется, весьма перспективное применение высокоэффективным кожухотрубным теплообменникам ТТАИ. Это специальным образом спроектированный аппарат, используемый в качестве доводчика воздуха (название импортных аналогов – фанкойл). Но

в отличие от импортных фанкойлов в описываемом решении предполагается использовать для обработки воздуха не холод специально работающей на эти нужды холодильной машины (чиллера), а холод воды хозяйственно-бытового или производственного назначения, сливаемой в системы канализации после использования по прямому назначению (впрочем, использование нашего доводчика совместно с холодильной машиной столь же возможно, как и импортных аналогов). Таким образом может быть создан локальный, пусть и не достаточно мощный, но использующий бросовый холод кондиционер (здесь под этим понимается охлаждение воздуха), а по технической сути – теплообменник-утилизатор бросового или природного (если речь идет о воде из скважины) холода. Этот кондиционер в большинстве случаев не будет способен обеспечить полноценное кондиционирование воздуха. Однако частичное, и следует подчеркнуть, бесплатное и вообще не предполагающее использования никаких дополнительных энергоресурсов кондиционирование, снижающее необходимую мощность основного кондиционера, такой доводчик воздуха выполнит. И не следует забывать, что в действительности далеко не всегда существует обоснованная необходимость кондиционировать все помещение. Люди, даже в быту, большую часть времени находятся в определенных зонах помещения, а в процессе трудовой деятельности в абсолютном большинстве случаев люди находятся на своих постоянных рабочих местах. Именно эти зоны и постоянные рабочие места и следует локально кондиционировать (аналогичный случай – применение вентиляторов, которые направляют поток воздуха конкретно на местонахождение человека), и только инерцией мышления можно объяснить тот факт, что обычно принято кондиционировать или все, или ничего. Представляется обоснованным в большом числе случаев проработать вопрос использования локального кондиционирования, с которым зачастую успешно может справиться рассматриваемый доводчик, не требующий практически никакой энергии. При необходимости увеличения его холодопроизводительности он может быть выполнен в виде нескольких сочлененных секций. Такой сочлененный доводчик уже может принять на себя функцию полноценного кондиционирования помещения, обеспечивая это за счет утилизации бесполезно теряемого холода воды, поступающей на текущие нужды объекта. Такое исполнение разработанных нами доводчиков оказывается полезным как в промышленных условиях (имеется объект, где горячий участок кондиционируется таким доводчиком, через который прокачивается вода, поступающая на нужды завода, – водовод на завод проходит за стеной этого горячего участка), так и в быту (в частности, коттеджи зачастую обеспечивают свои потребности в воде за счет скважины, откуда даже в летний полдень поступает весьма прохладная вода, прохождение которой через такие доводчики перед ее последующим использованием по прямому назначению позволяет обеспечить удовлетворительное кондиционирование);

б) использующие саккумулированный ночной, более дешевый холод.

Исходя из вышеописанных предпосылок о целесообразности использования локального кондиционирования, мы в настоящее время отрабатываем на базе теплообменных аппаратов ТТАИ устройство, рассчитанное на использование для такого кондиционирования холода, выработанного в ночное время, т.е. в тот период, когда не только электроэнергия, необходимая для выработки холода, стоит дешевле, но и к тому же самой электроэнергии для выработки того же количества холода требуется меньше. Такое устройство, использующее саккумулированный ранее холод (/8/), обладает в отличие от вышеописанного водяного охладителя воздуха, во-первых, максимальной мобильностью локального охлаждения и, во-вторых, полной детерминированностью его работы только и исключительно текущими потребностями в местном кондиционировании. В качестве принципа, положенного в основу создания такого локального охладителя, представилось целесообразным использовать скрытую теплоту фазового перехода некоей рабочей среды. В частности, в качестве такой среды как наиболее доступной и безопасной может быть использована вода. Превращаясь ночью с помощью холодильной машины в лед, эта среда днем, тая и превращаясь в воду, будет отдавать накопленную ночью энергию (холод), а образовавшаяся талая вода, постепенно нагреваясь, еще некоторое время будет продолжать охлаждать воздух.

Основным конструктивным элементом такого устройства является картридж, аккумулирующий холод ночью и передающий его воздуху днем. Этот картридж (корпус с особотонкостенными профилированными теплопередающими трубками) расположен во внешнем корпусе, снабженном вентилятором. Размеры картриджа подбирались такими, чтобы он, во-первых, легко помещался в испаритель современного бытового холодильника и, во-вторых, чтобы его замена не требовала слишком больших физических усилий и была легко выполнима любым взрослым человеком. В частности, картридж весом порядка 4 кг позволяет саккумулировать, а затем полезно использовать холод в количестве примерно 400 вт*час. Этого количества энергии достаточно для удовлетворительного кондиционирования воздуха рабочей зоны площадью примерно 2 $м^2$ в течение почти половины рабочего дня. Представляется не слишком большой платой за такое энергосберегающее кондиционирование осуществить в середине рабочего дня замену картриджа. На сегодня импортные аналоги нам не известны.

Утилизатор тепла канализационных стоков

В западноевропейских странах в последние 10–15 лет в связи с активными поисками путей энергосбережения было обращено внимание на такие теплопотери зданий и сооружений, как потери тепла с канализационными стоками. Энергосбережение в зданиях не может претендовать на полноценность без утилизации низкопотенциального тепла канализационных стоков. Действительно, в любое время года, в т.ч. и в периоды наибольших холодов, из зданий отводятся канализационные стоки, которые имеют достаточно высокую для ее высокоэффективного использования в тепловых насосах температуру (на уровне около 20 °С). Наличие тепловой энергии на таком температурном уровне позволяет с высоким коэффициентом преобразования перевести ее в тепловых насосах на более высокий температурный уровень и вернуть в здание, полезно используя для отопления или нагрева воды горячего водоснабжения. Однако этот неиссякаемый в процессе функционирования здания и, что немаловажно, синхронизированный с потребностью здания в горячем водоснабжении поток низкопотенциальной энергии пока бесполезно теряется.

В западноевропейских странах предпринимаются попытки возврата этой теряемой энергии. При этом применяется два метода. Один из них предполагает разделение стоков на условно чистые (от умывальников, душевых кабин, стиральных и посудомоечных машин и пр.) и условно грязные (в основном, от унитазов). Условно грязные стоки по-прежнему, без отбора от них тепла выводятся из здания, а условно чистые пропускаются через теплообменные аппараты, где от них отбирается тепло для его повторного использования с помощью тепловых насосов. Однако этот метод, во-первых, усложняет трубопроводную систему отведения стоков (практически удваивает ее) и, во-вторых, не утилизирует часть тепла, теряемого с условно грязными стоками.

Второй метод предполагает сбор всех стоков здания в некую, достаточно больших размеров емкость, расположенную неподалеку от здания, в которой располагают погружной теплообменник, что позволяет утилизировать практически все ранее теряемое тепло. Однако этот метод, во-первых, едва ли можно признать целесообразным с экологической точки зрения, во-вторых, он требует дополнительных площадей для размещения вышеуказанной емкости и, конечно, имеет явно выраженную отрицательную эстетически-эмоциональную и экологическую составляющую.

Нашим предприятием в 2006 году были разработаны, изготовлены и смонтированы два опытно-промышленных образца поточных сточно-гликолевых утилизаторов тепла канализационных стоков для пятиэтажного жилого дома. В таком утилизаторе осуществляется отбор тепла от всего без исключения объема канализационных стоков без какого-либо вмешательства в принятую схему их удаления, без дополнительных площадей и затрат, а также без создания экологически небезопасного объекта рядом со зданием. Аналогичных технических решений, построенных на импортном оборудовании, мы не встречали.

Достигается это тем, что вышеупомянутый поточный сточно-гликолевый утилизатор представляет собой теплообменник, выполненный в виде двух коаксиально расположенных нержавеющих труб с системой специальных нержавеющих перегородок. Внутренняя труба имеет диаметр в точности соответствующий диаметру чугунной или пластиковой канализационной трубы, что позволяет устанавливать наш утилизатор в тракт удаления канализационных стоков вместо отрезка штатной канализационной трубы, т.о. никоим образом не меняя принятую систему канализования здания. А по кольцевому зазору между внутренней и наружной трубами прокачивается этиленгликоль от теплового насоса, утилизирующий низкопотенциальное сбросное тепло. Наружная труба, перегородки и места входа-выхода гликоля имеют расчетные геометрические характеристики, что обеспечивает высокоэффективную теплоотдачу.

Успешный и характеризующийся значительным энергосберегающим эффектом опыт эксплуатации опытно-промышленных образцов обусловил повторение такого метода энергосбережения на ряде других объектов.

Литература

1. 2004 г., «Новости теплоснабжения», Москва, № 8 (48), стр. 38–42, Барон В.Г., «Легенды и мифы современной теплотехники, или Пластинчатые и кожухотрубные теплообменные аппараты».
2. 2001 г., «Новости теплоснабжения», Москва, № 8 (12), стр. 27–33, Гершкович В.Ф., «Опыт реконструкции теплового пункта общественного здания».
3. 2005 г., «Энергосбережение», Москва, № 5, стр. 40–48, Гершкович В.Ф., «Система отопления со ступенчатой регенерацией теплоты».
4. 2007 г., «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, №3–4, стр. 49–53, Барон В.Г. «Новая идеология создания индивидуальных тепловых пунктов».
5. 2005 г., «Новости теплоснабжения», Москва, № 5 (57), стр. 38–42, Барон В.Г., «Горячее водоснабжение объектов с явно выраженной неравномерностью водопотребления – давно пора решать проблему оптимально».
6. 2006 г., «Новости теплоснабжения», Москва, № 6 (70), стр. 46–51, Барон В.Г., «Рекуперация тепла в современных системах вентиляции».
7. 2007 г., «Новости теплоснабжения», Москва, № 1 (77), стр. 43–47, Барон В.Г., «Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство».
8. 2010 г., «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, № 3, стр. 27–33, Барон В.Г., «Энергосбережение по-европейски. Фотоотчет о турпоездке по Западной Европе, или Еще раз о рекуперации тепла вентиляционного воздуха».

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОВЕРКИ ПОЛНОТЫ И СВОЕВРЕМЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ МЕР ПО ИТОГАМ ПРОВЕДЕННЫХ СЧЕТНОЙ ПАЛАТОЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН АУДИТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСХОДОВАНИЯ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Колодников С.Е.,
Счетная палата Республики Татарстан, г. Казань

RESULTS OF THE AUDIT OF COMPLETENESS AND TIMELINESS OF ACTIONS TAKEN FOLLOWING THE RESULTS OF ENERGY EFFICIENCY VALUE-FOR-MONEY AUDIT CARRIED OUT BY THE ACCOUNTS CHAMBER OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Kolodnikov S.E.,
Accounts chamber of the Republic of Tatarstan, Kazan

Аннотация

В статье отражены результаты проверки полноты и своевременности принятия мер по итогам проведенных Счетной палатой Республики Татарстан аудитов эффективности расходования бюджетных средств при использовании энергетических ресурсов. Контрольные мероприятия проводились в Министерстве труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан, Министерстве образования и науки Республики Татарстан, Министерстве культуры Республики Татарстан и подведомственных им учреждениях.

В публикации представлена также информация об основных нарушениях и недостатках, выявленных в ходе контрольных мероприятий, и о мерах, принятых по их устранению.

Annotation

The article reveals the results of the audit of completeness and timeliness of actions taken following the results of energy efficiency value-for-money audit carried out by the Accounts cham-ber of the Republic of Tatarstan. Audits were held in the Ministry of labour, employment and social protection, Ministry of education and science, Ministry of culture of the Republic of Tatarstan and in their subordinated authorities.

The article also presents information on the main violations and defects found during the audits and the actions taken to correct them.

Контроль за использованием бюджетных средств, направляемых на реализацию мероприятий в сфере энергосбережения и энергоэффективности, является одним из приоритетных направлений деятельности Счетной палаты Республики Татарстан. Вот уже в течение ряда лет Счетная палата проводит указанную работу в формате аудита эффективности, что позволяет не просто выявить имеющиеся нарушения и недостатки, но и определить конкретные шаги, необходимые для увеличения эффективности использования энергоресурсов, и тем самым в дальнейшем безболезненно уменьшить финансовые затраты по их приобретению.

Проведены аудиты в ряде республиканских министерств, имеющих наибольшую сеть подведомственных учреждений и затрачивающих значительные объемы бюджетных средств на оплату энергоресурсов. Это Министерство труда, занятости и социальной защиты, Министерство образования и науки, Министерство культуры и Министерство по делам молодежи и спорту Республики Татарстан.

В ходе проводимой работы на примере разных отраслей бюджетной сферы удалось выявить определенные «узкие места» и системные недостатки в области энергопотребления и энергосбережения, обратить внимание проверенных министерств на необходимость принятия мер по исправлению ситуации, что в последующем, несомненно, сыграло свою положительную роль в оптимизации расходов на энергопотребление.

Итоги проведенных аудитов рассматривались на Президиуме Правительства и заседаниях комитетов Государственного Совета Республики Татарстан. Государственным Советом респу-

блики, проявляющим неизменный интерес к проводимой работе по указанной тематике, было инициировано продолжение дальнейшей работы Счетной палаты в данном направлении и в том числе предложено осуществить проверку выполнения рекомендаций, выданных по итогам аудитов, проведенных ранее по данной тематике.

Очевидно, что выводы и предложения, сделанные по результатам проводимых аудитов в сфере расходования бюджетных средств на энергообеспечение, могут принести реальные результаты только в том случае, если они будут услышаны на местах руководством министерств и учреждений их отраслевой компетенции с последующим принятием необходимых мер по исправлению выявленных недостатков и нарушений.

Поэтому в своей работе большую роль Счетная палата Республики Татарстан уделяет последующему контролю за полнотой и своевременностью выполнения рекомендаций и предложений, выданных по результатам проведенных контрольно-аналитических мероприятий.

В 2014 году Счетной палатой республики проведена проверка выполнения рекомендаций и предложений, выданных по результатам проведенных аудитов расходования бюджетных средств при использовании энергетических ресурсов в трех республиканских министерствах (Министерство труда, занятости и социальной защиты, Министерство образования и науки и Министерство культуры Республики Татарстан).

По итогам проведенного в 2010 году аудита эффективности расходования бюджетных средств при использовании энергетических ресурсов Министерству труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан было выдано 11 основных рекомендаций, принятие мер по которым позволило бы во многом решить проблему энергосбережения и повышения энергетической эффективности в отрасли.

Проверка принятия мер по результатам аудита показала, что выданные рекомендации исполнены частично.

Так, на момент проверки не было обеспечено полное оснащение учреждений приборами учета энергоресурсов. По состоянию на 1 января 2014 года не были установлены приборы учета потребления: воды – в 20 учреждениях, электричества – в 9 учреждениях, тепла – в 36 учреждениях, газа – в 4 учреждениях отрасли. В результате в указанных учреждениях оплата потребления по отдельным видам энергоресурсов на момент проверки осуществлялась по договорному максимуму. Следует отметить, что указанная рекомендация по оснащению всех подведомственных учреждений приборами учета энергоресурсов не была полностью исполнена и в двух других проверенных министерствах: по Министерству образования и науки оснащенность приборами учета в зависимости от вида энергоресурсов составила от 73 до 97 процентов, по Министерству культуры – от 78 до 97 процентов.

Проверкой отмечены и имеющиеся факты длительного неиспользования имеющихся счетчиков. Так, с 2009 года по причине неисправности не использовались приборы учета тепловой энергии, установленные в Республиканской детской библиотеке Министерства культуры.

Также по всем министерствам отмечены недостатки в планировании средств на реализацию мероприятий по повышению энергоэффективности. Размер субсидии бюджетным и автономным учреждениям отраслевой компетенции проверенных министерств, выделяемой на финансовое обеспечение выполнения ими государственного задания, определялся без учета необходимых расходов на мероприятия по энергосбережению.

Рекомендации о перераспределении ежегодно остающихся неиспользованных денежных средств, выделяемых на оплату коммунальных услуг, министерствами в целом исполнены. Однако, например, по Министерству труда, занятости и социальной защиты на мероприятия по энергосбережению направлено только 20 % от общей суммы неиспользованных средств, что явно недостаточно для решения имеющихся проблем по повышению энергоэффективности отрасли.

По результатам проведенного в 2011 году аудита эффективности расходования бюджетных средств при использовании энергетических ресурсов Министерству образования и науки Республики Татарстан было направлено 16 основных рекомендаций, из них на дату контрольного мероприятия министерством полностью выполнены 10.

Министерством образования и науки частично не была исполнена рекомендация по проведению претензионно-исковой работы для предъявления претензий и дальнейшего взыскания штрафных санкций по фактам некачественного проведения и несоблюдения сроков выполнения ремонтных работ. При проведении аудита эффективности были установлены факты некачественного проведения ремонтных работ по отдельным подведомственным учреждениям. Также в ходе аудита были выявлены факты нарушения подрядчиками сроков выполнения работ на объектах капитального ремонта, как это было в Республиканской специальной общеобразовательной школе закрытого типа для детей и подростков с девиантным поведением. Соответствующие меры, несмотря на замечания, отраженные в акте проверки Счетной палаты, Министерством образования республики приняты не были. Обращения к подрядчикам, исковые заявления в судебные инстанции с целью устранения подрядчиками выявленных недостатков по ряду фактов, изложенных в отчете по результатам аудита эффективности, министерством на дату проверки не инициировались.

По результатам проведенного в 2012 году аудита эффективности расходования бюджетных средств при использовании энергетических ресурсов Министерству культуры Республики Татарстан было направлено 7 рекомендаций, меры по которым в основном были приняты.

По итогам проведенной контрольной работы по всем трем министерствам отмечен ряд предложений, оставшихся нереализованными в полной мере.

Так, министерствами в недостаточной мере проводилась работа по актуализации ведомственных и отраслевых программ энергосбережения, требующих своевременных корректировок в связи с возникающими текущими изменениями. В результате долгосрочные параметры программы теряли свою актуальность и не могли служить ориентиром при планировании и исполнении мероприятий по энергосбережению.

Также не была обеспечена реализация Положения о материальном стимулировании участников реализации энергоресурсоэффективных мероприятий, утвержденного соответствующим постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан еще в декабре 2006 года.

В целом итоги проведенной проверки показали, что проверенными министерствами и учреждениями их отраслевой компетенции во исполнение положений Федерального закона «Об энергосбережении» проводится значительная работа по осуществлению комплекса мер, направленных на повышение энергоресурсоэффективности в бюджетной сфере Республики Татарстан. Вместе с тем отмечены имеющиеся резервы по снижению энергопотребления в учреждениях бюджетной сферы, необходимость принятия министерствами и самими учреждениями дополнительных действий, направленных на организацию и осуществление всех надлежащих мер по повышению энергоэффективности в отраслях бюджетной сферы Республики Татарстан.

О ВНЕДРЕНИИ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Пахомов А.Г.,
ГБУ Республики Саха (Якутия) «Региональное агентство энергоресурсосбережения», г. Якутск

THE INTRODUCTION OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE FIELD OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Pakhomov A.G.,
The state budgetary institution of the Sakha Republic (Yakutia)
«Regional Agency of energy saving», Yakutsk

Аннотация

В публикации приводятся основные тезисы одноименного доклада, посвященного реализации проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе государственно-частного партнерства в условиях Республики Саха (Якутия).

Annotation

The publication presents the main theses of the eponymous report on the implementation of projects in the field of energy saving and energy efficiency through public-private partnership in the Republic of Sakha (Yakutia).

На сегодняшний день коммунальный комплекс Республики Саха (Якутия) характеризуется большим износом основных производственных фондов: так, треть котельных имеют, износ более 50 процентов, почти четверть тепловых сетей нуждаются в замене, четверть произведенной тепловой энергии теряется при передаче потребителю (рис. 1).



Рис. 1. Общая характеристика коммунального комплекса Республики Саха (Якутия)

Усугубляет ситуацию то, что Республика Саха (Якутия) является самым большим по территории регионом России и с одними из самых суровых природно-климатических условий, обуславливающих продолжительный отопительный период, который в среднем длится 7 календарных месяцев.

В связи с этим вопросы энергосбережения становятся особенно актуальными и стратегически важными.

В этих условиях при поддержке Правительства Республики Саха (Якутия) получил развитие рынок энергосервисных услуг (рис. 2).

2 **Энергосервисная деятельность в Республике Саха (Якутия)**

№	Наименование показателя	Значение показателя на 01 марта 2015 года
1.	Количество действующих энергосервисных договоров (контрактов), шт.	127
2.	Общее количество объектов (зданий, строений, сооружений), шт.	235
	из них:	
2.1.	- многоквартирные жилые дома	22
2.2.	- учреждения бюджетной сферы	211
2.3.	- котельные	12
2.4.	- системы наружного уличного освещения	2
3.	Средний срок действия энергосервисных договоров (контрактов), лет	5,1
4.	Заданная сумма экономии средств за весь период действия энергосервисных договоров (контрактов), в млн. руб.	645,6
5.	Фактически достигнутая экономия средств с момента начала реализации энергосервисных договоров (контрактов), в млн. руб.	332,5
6.	Вложенные инвестиции энергосервисными организациями, в млн. руб.	420,3

Рис. 2. Энергосервисная деятельность в Республике Саха (Якутия)

На текущий момент 11 энергосервисными организациями заключено 127 энергосервисных договоров (контрактов), охватывающих 235 объектов бюджетной сферы, жилищного фонда и объектов коммунальной инфраструктуры в 15 муниципальных образованиях. К текущему моменту энергосервисными организациями вложено порядка 420 млн руб., фактическая полученная сумма экономии от реализации указанных энергосервисных договоров составила 332,5 млн руб. Планируемая сумма получения экономии от реализации указанных энергосервисных договоров составляет более 645 млн рублей.



Рис. 3. Результат энергосервисного контракта в здании МОУ «Дикимдинская средняя общеобразовательная школа им. С.П. Данилова»

Следует отметить, что Республика Саха (Якутия) лидирует по количеству заключенных энергосервисных договоров (контрактов) во всей нашей стране.

На рисунке 3 представлен пример практической реализации одного из энергосервисных контрактов в Республике Саха (Якутия), по итогам которого за один отопительный период с сентября по май фактическая экономия по тепловой энергии составила 156,7 Гкал, или 699,8 тыс. рублей.

Особое место занимают комплексные энергосервисные договоры (контракты), благодаря которым проводятся энергосберегающие мероприятия не только на объектах потребления, но и на объектах генерации и сетях. Таким образом достигается наибольший эффект во всем.



Рис. 4. Комплексная реализация энергосберегающих мероприятий

В представленном на рис. 4 графике отражен примерный расчет итоговой экономии за счет проведения энергосберегающих мероприятий при комплексном подходе.

Подобный комплексный энергосервисный контракт успешно реализуется с июля 2013 года в населенных пунктах Намского района Республики Саха (Якутия).

За счет реализации данного комплексного энергосервисного контракта в районе за счет средств энергосервисной организации построено 5 энергоэффективных котельных, модернизируются еще 7, а также заменено 1,5 километра тепловых сетей, проведено множество энергосберегающих мероприятий на объектах потребителей, присоединенных к данным котельным.

Это первый подобный энергосервисный контракт в России, который был фактически реализован.

На рисунке 5 представлен пример реализации комплексного энергосервисного контракта в Намском районе в формате «до и после» по одной из котельных.

В данном случае вместо старой котельной построили новую модульную автоматизированную котельную с диспетчеризацией.

На рисунке 6 представлен пример реализации комплексного энергосервисного контракта в Намском районе в формате «до и после» в части замененных тепловых сетей и объектов потребителей.

Всего в рамках данного проекта было заменено 2,4 километра старых тепловых сетей на новые предизолированные трубы, практика применения которых в условиях Крайнего Севера доказала свою высокую эффективность.

По объектам потребителей энергосервисной организацией также были проведены основные энергосберегающие мероприятия: наружное утепление, установка новых пластиковых окон и дверей, установка новых радиаторов с терморегуляторами, установки индивидуальных тепловых пунктов.

В целом жилищный фонд и учреждения бюджетной сферы Якутии потребляют вместе с потерями в тепловых сетях около 11 млн гигакалорий тепловой энергии, в стоимостном выражении в ценах 2013 года это составляет около 31,5 млрд рублей.

Для снижения потерь в тепловых сетях, уменьшения потребления тепловой энергии жилищным фондом и учреждениями бюджетной сферы необходимо проводить энергосберегающие мероприятия, для реализации которых имеется высокий потенциал в части потребления тепловой энергии, оцениваемый 8,5 млрд рублей (рис. 7).



Рис. 5. Реализация комплексного энергосервисного контракта в Намском районе Республики Саха (Якутия)



Рис. 6. Реализация комплексного энергосервисного контракта в Намском районе Республики Саха (Якутия)



Наименование объектов	Годовой объем тепловой энергии		Возможный эффект, в млн. руб.**
	в млн. Гкал	в млн. руб.*	
Объем потребления жилищным фондом	5 476,1	15 881,2	4 764,4
Объем потребления бюджетной сферы	2 026,7	5 877,6	1 763,3
Объем потерь в тепловых сетях	3 379,7	9 801,4	1 960,2
ИТОГО	10 882,5	31 560,2	8 487,9

* - средневзвешенный тариф на тепловую энергию в Республике Саха (Якутия) в 2013 году – 2 900,1 тыс. руб.;
** - оценочный потенциал в размере 30% по объектам потребителей и в размере 50% по тепловым сетям.

Рис. 7. Общий потенциал энергосбережения Республики Саха (Якутия)

Одним из вариантов активизации энергосервисной деятельности и дальнейшего развития рынка энергосервисных услуг в Республике Саха (Якутия) является создание специального Фонда Республики Саха (Якутия) по факторингу энергосервисных договоров (контрактов).

Предполагается, что целью создания Фонда Республики Саха (Якутия) по факторингу энергосервисных договоров (контрактов) будет являться содействие повышению энергоэффективности зданий бюджетного и жилищного сектора Республики Саха (Якутия) путем развития механизмов государственно-частного партнерства с использованием энергосервисных договоров (контрактов) (рис. 8).



Рис. 8. Механизм факторинга энергосервисных контрактов

Создание Фонда направлено на решение задачи увеличения масштабов деятельности энергосервисных организаций на территории Республики Саха (Якутия) и пополнения их финансовыми средствами путем выкупа подтвержденного эффекта энергосбережения.

Деятельность Фонда позволит значительно активизировать рынок энергосервисных услуг на территории Республики Саха (Якутия) путем внедрения факторинга энергосервисных контрактов (договоров), механизм которого будет заключаться в досрочном выкупе реализованных энергосервисных контрактов (договоров) с учетом предполагаемой экономии с определенным дисконтом, что позволит рефинансировать часть реализованных энергосервисных контрактов (договоров) с пополнением оборотных средств энергосервисных организаций для дальнейшего развития их деятельности.

ДОРАБОТКА ГОСТа Р 55705-2013 – ПУТЬ К НОВЫМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ВОЗМОЖНОСТЯМ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Абдуллазянов Э.Ю., Тукшаитов Р.Х.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Курмаев И.Х.,
ООО «Торговый дом ФЕРЕКС», г. Казань,
Нигматуллин Р.М.,
Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, г. Казань

MODIFICATION OF THE «STATE ALL-UNION STANDARD R 55705-2013» IS THE WAY OF OPPINENG NEW POSSIBILITY OF POWER-SAVING TO THE LED LIGHTING SYSTEMS

Abdullazyanov E.Yu., Tukshaitov R.H.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan,
Kurmaev I.H.,
Limited liability company «Trading House FEREKS», Kazan,
NighmatullinR.M. ,
Research Center for Power Engineering Problems KSC RAS, Kazan

Аннотация

На основе учета характера реактивностей импеданса электросети и светодиодных осветительных систем показана возможность заметного повышения энергосбережения при условии внесения изменений в форму представления коэффициента мощности в отечественном ГОСТе Р 55705-2013 и одновременного применения светодиодных светильников с конденсаторным типом стабилизатора тока.

Annotation

By taking into account the nature of reactive impedance power and LED lighting systems shows possibility of appreciable increase energy-saving under condition of modification in the form of expressed of the power factor in the domestic «STATE ALL-UNION STANDARD R 55705-2013» and the simultaneous application of light-emitting diode lamps with the condenser type of current stabilizer.

Коэффициент полезного действия электрических станций, безаварийная работа участков электросетей зависит и от качества электрической энергии, которая в свою очередь определяется реактивностью и нелинейностью импеданса токоприемников. На обеспечение качества электричества направлен ряд отечественных и зарубежных ГОСТов: ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83), ГОСТ Р 55705-2013, EN61000.3.2 и др. [1-3].

В работе рассматриваются положения ГОСТа Р 55705-2013, касающиеся лишь коэффициента мощности светотехнических осветительных систем. Согласно этому документу коэффициент мощности (λ) для отечественных светильников мощностью до 5 Вт должен быть не менее 0,85; для светильников до 25 Вт – не менее 0,90; а для светильников мощностью более 25 Вт – более 0,95. Следует отметить, что продукция многих производителей благодаря определенным усилиям разработчиков драйверов уже удовлетворяет этим требованиям.

Недостаток данного нормативного документа заключается в том, что установленные в нем требования к λ разработаны без комплексного учета характера реактивности разных видов нагрузок и характера реактивности электрической сети [4, 5]. Электрическая сеть имеет индуктивный характер, поскольку емкостным характером обладает меньшая часть токоприемников. Наличие небольшой емкостной нагрузки у светодиодных светильников и люминесцентных ламп с драйверами способствует повышению $\cos\varphi$ тока в электросети и соответственно некоторому повышению перетока электоэнергии при одновременном снижении λ самой нагрузки. Поскольку доля энергопотребления осветительными системами составляет

не более 15–20 %, то в какой-то степени недифференцированные требования, предъявляемые в ГОСТе Р 55705-2013 к качеству электричества, оставались вне внимания исследователей.

Дополнительное энергосбережение светодиодные светильники способны обеспечить при разработке их с использованием конденсаторных стабилизаторов и изменения требований рассматриваемого ГОСТа к представлению коэффициента мощности. На сегодня выпускаются светодиодные светильники с конденсаторным типом стабилизатора лишь для ламп мощностью до 3–5 Вт [6]. Ранее нами показано, что применяемая в них электрическая схема поддается модернизации с целью питания более мощных светильников (до 100–150 Вт) [7, 8].

Такие светильники имеют достаточно простую конструкцию и способны обеспечить уровень пульсаций освещенности в соответствии с нормативными требованиями и сравнительно постоянный световой поток при изменении напряжение сети на ±10 %.

При доработке рассматриваемого ГОСТа для характеристики индуктивно-активных нелинейных нагрузок необходимо по-прежнему использовать коэффициент мощности, а для характеристики емкостно-активной нелинейной нагрузки – лишь коэффициент потери мощности (ε), вычисляемый на основе полного коэффициента высших гармоник Kf или на основе полного коэффициента гармонических искажений (totel harmonic distorsion), обозначаемый за рубежом аббревиатурой THD.

При конденсаторном стабилизаторе λ светодиодных светильников составляет всего 0,2–0,4, в результате чего он формально не удовлетворяет требованиям существующего ГОСТа, в то время как способствует повышению cosφ электросети и соответственно перетоку электроэнергии. Параметр λ по существу при принятой форме характеристики качества электричества содержит немалый элемент неопределенности, так как он не позволяет реально оценить характер вносимых искажений в электросеть в силу отсутствия в ГОСТе требований к коэффициенту Kf .

Практически тот же недостаток, но несколько в ином виде заложен в Европейском нормативном документе EN61000.3.2 класс С, поскольку в нем предлагается руководствоваться значением λ также без учета характера реактивности нагрузки. Положительным моментом в нем является наличие ограничения на величину THD (не должен превышать 30 %, а в отдельных странах даже 20 %). Однако это не снимает указанный его недостаток. Поскольку в нем нормируемое значение THD принято не более 30 %, то это соответствует значению ε более 0,958.

На сегодня производители мощных светодиодных устройств стремятся выполнить требования ГОСТа Р 55705-2013, обеспечивая λ более 0,95, который фактически определяется соизмеримыми двумя сомножителями. Если их принять равными, то как cosφ, так и коэффициент потери мощности (ε) должны быть более 0,975. Это свидетельствует о том, что в отечественном ГОСТе заложены избыточные требования, а это соответственно сказывается на усложнении конструкций драйверов, снижении надежности и удорожании продукции.

Таким образом, обоснована необходимость проведения доработки ГОСТа Р 55705-2013 и EN61000.3.2 класс С с учетом характера реактивности нагрузок и нелинейности их импеданса. Индуктивные нагрузки следует в технической документации характеризовать по-прежнему коэффициентом мощности, а емкостную нагрузку – коэффициентом потерь мощности ε, а лучше коэффициентом высших гармоник (THD), поскольку последний показатель успешно регистрируется уже существующими зарубежными приборами и нормируется в стандарте EN61000.3.2.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83). Стандартные напряжения. http://docs.cntd/ru/documtnt/gost-29322-92

3. ГОСТ Р 55705-2013. Приборы осветительные со светодиодным источником света. Общие технические условия.
4. Тукшаитов Р.Х. Факторы, сдерживающие реализацию государственной программы энергоресурсосбережения при внедрении светодиодных светильников, и некоторые рекомендации по их устранению // Тр. XI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан». – Казань, 2010. – Часть 1. – С. 121–125.
5. Tukshaitov R.H, Abdullazyanov E. Yu. New Approach to Desing of LED Lamps// VI LED Konferenccia, 2015. - P. 31.
6. Кумин А.М. Схема подключения светодиодного прибора в сеть переменного тока // Patent RU 95214 U1 МКП H05b37/00 17.12.2009.
7. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х., Бурганетдинова Д.Д., Ветлугина А.Е. Повышение эффективности работы светодиодного светильника, представленного в патенте № 95214// X Международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники». Саранск, 2012. – С. 46–48.
8. Тукшаитов Р.Х., Шириев Р.Р., Маркин Ю.С., Айхайти Исыхакэфу. Светильник светодиодный промышленный // Patent RU 127170 U1 VGR A21S13/00 26.11.2012.

КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНВАЛИДИЗАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Брума Е.В., Гордон В.А.,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел

PARAMETRIC REGRESSION MODEL OF DISABILITY IN THE POPULATION OF URBAN AREA

Bruma E.V., Gordon V.A.,
State University – Education – Science – Production Complex, Oryol

Аннотация

Методами корреляционно-регрессионного анализа выявлены основные эколого-социо-экономические факторы, определяющие уровень и тенденции инвалидизации населения урбанизированной территории по различным видам заболеваний, и разработана методика краткосрочного прогноза численности инвалидов на базе ретроспективных статистических данных. Результаты математического моделирования подтверждают известные факты роста численности инвалидов в составе населения страны. Предлагаемый в работе подход может быть использован для поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности и защите жизненно важных интересов большой статистически значимой группы граждан от негативного состояния городской среды, создающей угрозу здоровью и благополучию особо чувствительных к качеству окружающей среды граждан.

Annotation

Methods of regression analysis identified the major ecological and socio-economic factors that determine the level and trend of disability in the population of urban area in various kinds of diseases and developed the technique of short-term forecast of the number of people with disabilities on the basis of retrospective statistics. The results of mathematical modeling confirm the known facts of the increasing disability in the population. Our approach can be used to support decision-making on environmental safety and protection of the vital interests of a large statistically significant group of citizens from the negative state of the urban environment, creating a threat to the health and well-being of citizens particularly sensitive to the quality of the environment.

С целью оценки влияния ряда эколого-социо-экономических факторов на численность инвалидов в России (по тринадцати категориям заболеваемости) в настоящей работе предлагается методика анализа динамики их численности как функции факторов, потенциально воздействующих на здоровье населения, а именно:

- объема выбросов в атмосферу – x_1 млн т;
- объема сброса сточных вод – x_2 млрд м;
- объема инвестиций в здравоохранение – x_3 млн руб.;
- количества врачей (по специальностям) – x_4 тыс. чел.;
- числа больничных коек (по виду заболевания) – x_5 тыс. шт.;
- объема лесовосстановления – x_6 тыс. га;
- количества безработных – x_7 тыс. чел.;
- среднедушевого дохода – x_8 руб.;
- прироста населения – x_9 тыс. чел.

Ниже построена корреляционно-регрессионная модель численности инвалидов на примере категории «Злокачественные новообразования».

Исходными данными для анализа являются статистические данные Федеральной службы государственной статистики [1] с 2000 года по 2010 год, на основании которых построены временные ряды объясняемого и объясняющих факторов.

Графическим методом проведен анализ временных рядов, построены поля корреляции, линии трендов и полиномиальные функции девяти объясняющих и тринадцати объясняемых факторов.

С целью анализа взаимосвязей между показателями построим матрицу парных коэффициентов корреляции (таблица 1).

Таблица 1.

Корреляционная таблица

	Y_2	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Инвалиды по злокачественным новообразованиям Y_2	1									
Выбросы в атмосферу x_1	0,79	1								
Объем сброса сточных вод x_2	-0,79	-0,07	1							
Инвестиции в здравоохранение x_3	0,64	-0,06	-0,93	1						
Количество врачей x_4	0,51	0,07	-0,73	0,89	1					
Число больничных коек x_5	0,45	-0,31	-0,83	0,93	0,84	1				
Лесовосстановление x_6	-0,61	-0,41	0,67	-0,51	-0,26	-0,39	1			
Численность безработных x_7	-0,66	-0,45	0,77	-0,76	-0,71	-0,66	0,71	1		
Среднедушевые доходы населения x_8	0,64	-0,15	-0,95	0,97	0,79	0,94	-0,57	-0,72	1	
Прирост населения x_9	0,41	-0,32	-0,68	0,67	0,42	0,72	-0,61	-0,44	0,78	1

Принимаем, что в регрессионную модель (1) будут включены два фактора, связь которых с зависимой переменной наиболее сильная ($r_{Y_j x_i} \geq 0,7$; i=1,2...9; j = 1,2...13).

$$Y_j(x) = f(x1, x2, \ldots x9),\ (j = 1,2,\ldots 13). \quad (1)$$

Требование надежности регрессионной модели и полученных на ее основе статистических оценок ограничивает число объясняющих факторов i, связывая их число с числом уровней временного ряда n = 11 неравенством $i \leq \frac{n}{3}$, т.е. $i \leq 3$.

Анализ матрицы коэффициентов парной корреляции из таблицы 1 показывает, что в модели следует оставить две переменные – x_1 (выбросы в атмосферу) и x_8 (среднедушевые доходы), поскольку их связь с результирующим признаком Y_2 (число инвалидов) достаточно высокая и парная корреляция между ними практически отсутствует ($r_{x_1 x_8} = 0,15$). Остальные факторы исключаем из модели по причине их слабой связи с результирующим признаком и сильной корреляцией с двумя выбранными для дальнейшего анализа признаками. Заметим, что в эконометрических расчетах объясняемый и объясняющие факторы приведены к данным за 2000 год. В итоге одна из тринадцати регрессионных моделей приобретает вид

$$\hat{Y}_2 = a_{12} + a_{22}x_1 + a_{32}x_8, \quad (2)$$

где a_{12}, a_{22}, a_{32} – параметры двухфакторной регрессии, подлежащие оценке.

Оценку параметров a_{12}, a_{22}, a_{32} – коэффициентов уравнения (2) проведем методом наименьших квадратов, используя данные, приведенные в таблице 2.

Непосредственное вычисление вектора оценок $\overline{a} = (a_{12}\ a_{22}\ a_{32})^T$ параметров регрессии (2) производим по формуле

$$\overline{a} = (Z^T Z)^{-1} Z^T Y, \quad (3)$$

где Z – матрица размерности 11x3, содержащая вектор-столбцы x, x1, x8 (в указанном порядке), Y – вектор – столбец значений объясняемого фактора.

В результате получаем вектор $\overline{a}$ со следующими координатами

$$\overline{a} = (-0,7 \quad 1,6 \quad 0,04)^T$$

Таким образом, уравнение регрессии (2) принимает вид

$$\hat{Y}_2 = -0,7 + 1,6x_1 + 0,04x_8. \quad (4)$$

Таблица 2.

Статистические данные объясняемого и объясняющих факторов

Y_2	x	x_1	x_8
1	1	1	1
1,049	1	1,03	1,342
1,056	1	1,05	1,73
1,021	1	1,073	2,265
1,187	1	1,107	2,805
1,408	1	1,109	3,546
1,345	1	1,099	4,452
1,211	1	1,1	5,497
1,197	1	1,051	6,516
1,282	1	1,014	7,407
1,282	1	1,005	8,311

Расчетные значения определяются путем последовательной подстановки в эту модель значений факторов, взятых для каждого уровня временных рядов x1 и x8.

Проверка адекватности трендовых моделей осуществляется с использованием ряда статистических критериев и предполагает:

– проверку статистической значимости каждого коэффициента уравнения регрессии (4);

– проверку общего качества уравнения регрессии.

Необходимые для проверки статистического качества модели данные получены в результате регрессионного анализа средствами ППП *Excel.*

По *t*-статистике Стьюдента путем проверки нулевой гипотезы о равенстве нулю каждого параметра a_{22} и a_{32}, коэффициенты уравнения регрессии считаем значимыми.

Уравнение регрессии считаем значимым (адекватным) на основе *F*-критерия Фишера.

Для построения прогноза результативного признака $\widehat{Y}$ необходимо определить прогнозные значения включенных в модель объясняющих факторов x_1 и x_8.

В качестве аппроксимирующей функции для x_1 выбран полином четвертой степени, по которому построен прогноз на два шага вперед, причем прогнозные значения на 2014 г. и 2015 г. периоды соответственно составляют:

$x_1(14) = 4{,}15 \cdot 14^4 - 101{,}97 \cdot 14^3 + 693 \cdot 14^2 - 847{,}03 \cdot 14 + 32678 = 36268{,}3,$

$x_1(15) = 4{,}15 \cdot 15^4 - 101{,}97 \cdot 15^3 + 693 \cdot 15^2 - 847{,}03 \cdot 15 + 32678 = 41834.$

В безразмерном виде $x_1(14) = 1{,}12$; $x_1(15) = 1{,}29$.

Для фактора x_8 выбираем линейную функцию. Прогнозные значения на 2014 и 2015 гг. соответственно составляют:

$x_8(14) = 1727 \cdot 14 - 1056{,}8 = 23121{,}2,$

$x_8(15) = 1727 \cdot 15 - 1056{,}8 = 24848.$

В безразмерном виде $x_8(14) = 10{,}13$; $x_8(15) = 10{,}89$.

Для получения прогнозных оценок переменной $\widehat{Y}_2$ «Численность инвалидов по злокачественным новообразованиям» по модели (4) подставим в нее найденные прогнозные значения факторов x_1 и x_8 и получим:

$Y_2(14) = -0{,}7 + 1{,}6 \cdot 1{,}12 + 0{,}04 \cdot 10{,}13 = 1{,}49,$

$Y_2(15) = -0{,}7 + 1{,}6 \cdot 1{,}29 + 0{,}04 \cdot 10{,}89 = 1{,}8.$

Реальная численность инвалидов по категории «Злокачественные новообразования» в 2014 г. и в 2015 году соответственно составит: $\widehat{Y}_2(14) = 212$ тыс. человек; $\widehat{Y}_2(15) = 260$ тыс. человек.

Таким образом, проделанный расчет динамики численности инвалидов по злокачественным новообразованиям показывает дальнейшее увеличение их численности в ближайшие два года.

Аналогичные расчеты проведены для остальных двенадцати категорий инвалидов.

В таблице 3 приведены пары (затенение) объясняющих факторов, включенных в двухфакторные регрессионные модели остальных двенадцати категорий инвалидов

$$\widehat{Y}_j = a_{ij} + a_{2j}x_k + a_{3j}x_l, \qquad (5)$$

где k, ll∈i – номера объясняющих факторов для данной категории инвалидов, j≠2.

Данные таблицы 3 показывают, что экологические факторы сильно связаны с инвалидностью по различным категориям.

Таблица 3.

Два объясняющих фактора, выбранных для моделей (2)

Y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
Инвалиды по заболеваниям	Выброс в атмосферу (млн.т)	Объем сточ. вод (млрд.м³)	Инвестиции в здравоохран. (млн.руб)	Кол-во врачей (тыс.ч)	Кол-во больн. коек (тыс.шт)	Лесовос-ние (тыс.га)	Безработные (тыс.ч)	Доходы (руб.)	Прирост населя (тыс.ч)
Туберкулез Y_1						■		■	
Злокачественные новообразования Y_2	■							■	
Болезни эндокринной с-мы, расстройства питания и нарушения обмена веществ Y_3	■				■				
Психические расстройства, расстройства поведения Y_4		■			■				
Болезни нервной с-мы Y_5	■				■				
Болезни глаза и его придаточного аппарата Y_6	■							■	
Болезни уха и сосцевидного отростка Y_7	■	■							
Болезни системы кровообращения Y_8	■	■							
Болезни органов дыхания Y_9	■							■	
Болезни органов пищеварения Y_{10}	■	■							
Болезни костно-мышечн с-мы и соединит ткани Y_{11}	■	■							
Последствие травм Y_{12}						■		■	
Профессиональные заболевания Y_{13}		■		■					

Предложенная в работе методика установления корреляционных связей между количеством инвалидов по различным категориям инвалидности и рядом факторов эколого-социо-экономического характера позволяет оценивать динамику развития численности инвалидов и строить краткосрочные прогнозы, с учетом которых должны приниматься управленческие решения.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]; // URL: – http://www.gks.ru/ Работа выполнена в рамках Государственного задания, тема № 283.

БЕЗРЕАГЕНТНЫЙ СПОСОБ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ, ОСНОВАННЫЙ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

NONCHEMICAL WAY TO DISINFECT WATER, BASED ON NATURAL PROCESSES

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev - KAI, Kazan

Аннотация

Дана краткая характеристика основных способов дезинфекции (обеззараживания) сточной воды и питьевой воды в процессе водоподготовки с точки зрения негативного влияния применяемых для дезинфекции реагентов на здоровье человека и окружающую природную среду.

В статье описан разработанный автором и внедренный в ОАО «Казаньоргсинтез» промышленный способ безреагентной дезинфекции патогенной микрофлоры сточной воды, основанный на антагонистических взаимоотношениях между сапрофитной микрофлорой ила и болезнетворных для человека микроорганизмов. Показана принципиальная технологическая схема и приведены результаты обеззараживания предлагаемым способом.

Annotation

A brief description of the main methods of disinfection (disinfection) of waste water and drinking water in the water treatment process in terms of the negative impact of the reagents used for the disinfection of human health and the environment.

This article describes the author developed and implemented in JSC «Kazanorgsintez» indus-trial process nonchemical disinfection of pathogenic microflora of waste water, based on the antago-nistic relationship between saprophytic microflora sludge and pathogenic micro-organisms to humans. Is a schematic flow diagram and the results of the proposed method of disinfection.

Краткая характеристика основных способов дезинфекции воды

Дезинфекция сточной и питьевой воды перед подачей ее потребителям осуществляется в основном химическими (реагентными) методами.

Одним из основных реагентов, применяемым для дезинфекции, является хлор. Значительно реже используются диоксид хлора ClO_2, гипохлорит натрия NaClO и гипохлорит кальция $Ca(ClO)_2$.

Бактерицидное воздействие хлора и его соединений носит физиологический характер. Хлор вступает во взаимодействие с протеинами и аминосоединениями, содержащимися в оболочке бактерий и ее внутриклеточном веществе, в результате чего происходит лизирование бактерии [1].

Для человека и гидробионтов особенно токсичны хлоропроизводные соединения (хлороформ, дихлорбромметан, хлорфенол, трихлорфенол, метилхлороформ и другие производные, – всего их идентифицировано 11), образующиеся в воде при взаимодействии хлора и органических соединений. Большинство хлоропроизводных соединений обладают онкогенным (канцерогенным) и мутагенным действием. Кроме того, при взаимодействии хлора и фенола (фенол содержится как в сточной воде, так и в природных водоемах) образуются хлорофенольные соединения – диоксины – особо опасные яды даже в микроскопически малых концентрациях, воздействующие на популяцию рыб, фито- и зоопланктон, зообентос и нарушающие процесс самоочищения водоемов.

Однако хлорирование даже при достаточно высокой дозе остаточного хлора (1,5 мг/л) не обеспечивает необходимую степень обеззараживания: эффективность обеззараживания хлором по термотолерантным колиформным бактериям (ТКБ) не выше 97,0–98,0 %.

При хлорировании образуются хлорорганические соединения, обладающие, по данным отечественных и зарубежных исследователей, высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, способные аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и в конечном счете по трофическим цепям попадать в организм человека. Эти соединения обладают высокой стойкостью к биодеструкции и вызывают загрязнение рек на значительных расстояниях вниз по течению. Оценка по индексу токсичности для дафний показала, что хлорированная вода является остротоксичной для данных тест-объектов.

Воздействие даже низких концентраций хлора (на уровне 0,01 мг/л) снижает на 50–100 % способность фитопланктона поверхностных водоемов усваивать нитратный и аммонийный азот в результате инактивации ферментов, отвечающих за усвоение неорганического азота, что ухудшает самоочищение водоемов.

Высокотоксичные хлоропроизводные соединения в организм человека попадают не только через трофические уровни, но и в значительной степени через легкие при дыхании и сорбируются кожей, особенно при купании и принятии теплых ванн. Сорбции способствуют и поверхностно-активные вещества, уменьшающие межфазное поверхностное натяжение [2].

Другой реагент, применяемый иногда для дезинфекции, – озон, благодаря большому окислительному потенциалу разрушает клеточные стенки, мембрану, окислительно-восстановительную систему бактерий. Соответственно, такими же свойствами озон способен воздействовать и на человека. Озон обладает высокой токсичностью и высокой ингаляционной опасностью. Кроме того, озон при окислении органических соединений, всегда в той или иной концентрации присутствующих в воде, образует побочные продукты: кетоны, органические кислоты, пероксиды, бромсодержащие соединения, формальдегид – вещество II класса опасности.

Из-за насыщения озоно-воздушной смесью вода приобретает высокую окислительную способность и становится коррозионно-активной. Особенно возрастает коррозионная активность при повышении температуры и при снижении давления в системе (снижается растворимость кислорода в воде), что требует применения высоколегированных сталей не только для изготовления оборудования озонаторов, но и для всей системы транспортирования воды в водоемприемник и к потребителю после водоподготовки.

Следующий способ обеззараживания – ультрафиолетовая обработка – малоэффективен; требует для применения прозрачной, практически без взвешенных частиц, воды, т.к. дезинфицирующая активность зависит от мутности воды и ее жесткости (образование и осаждение солей жесткости и взвешенных частиц на поверхности лампы); полное отсутствие «последействия» (отсутствие гарантий вторичного биозагрязнения воды в канализационных сетях). Кроме того, для ультрафиолета требуется практически идеальное напряжение в сети, так как малейшие колебания изменяют длину волны – необходим отдельный независимый, мощный источник энергопитания. При ультрафиолетовой обработке отсутствует возможность оперативного контроля за эффективностью обеззараживания воды.

Диоксид хлора – альтернативный дезинфектант, может применяться только на месте получения; высокоопасное и токсичное вещество. Образует хлораты и хлориты, придающие воде неприятный специфический запах и вкус.

Гипохлорит натрия – неэффективен против цист; образует побочные хлорорганические мутагенные и канцерогенные продукты; теряет активность при хранении; выделяется при хранении газообразный хлор.

Безреагентный способ дезинфекции

Давно известны в природе антагонистические взаимоотношения между сапрофитными микрофлорой почвы, воды и большинством патогенных или условно патогенных для человека микроорганизмов.

Степень антагонизма обусловлена санитарным потенциалом микроорганизмов, зависящим от конкурентных отношений за источник питания. Известно, что после контакта с активным илом количество бактерий группы кишечной палочки, обнаруженных

в надиловой жидкости, снижается в 3–5 раз по сравнению с числом этих же бактерий, обнаруженных в исходном субстрате, то есть проявляется естественная способность активного ила воздействовать на бактерии группы кишечной палочки и уменьшать их численность [1].

Недостатком известного способа, основанного на антагонизме микроорганизмов, является то, что санитарные показатели очищенного стока не соответствуют санитарно-эпидемиологическим нормам, т.е. степень обеззараживания недостаточна [5].

Для обеспечения эффективной дезинфекции безреагентным способом предложено воздействие избыточного активного ила (АИ), образующегося при биоочистке сточных вод в аэротенках. Способ заключается в последовательной дезинфекции в аэрируемых емкостях в три стадии (рис. 1):

– на первой стадии смешивается в биореакторе бытовой сток (БС) с активным илом при следующих параметрах: объем АИ – 20–60 %, время контакта – 90 мин., концентрация растворенного кислорода – около 3 мг/л.;

– на второй стадии в смесь БС и АИ добавляют свежую порцию избыточного АИ и промышленный сток в соотношении 45:10:4;

– на третьей стадии на обрабатываемый поток, состоящий из БС, АИ, промышленного стока, воздействуют новыми порциями АИ и промышленного стока.

Эффективность обеззараживания по разработанному способу достигает по общим колиформным бактериям (ОКБ) – 98,7 %, по термотолерантным колиформным бактериям (ТКБ) – 99,65 % (при обеззараживании хлором ОКБ – 96,1%, ТКБ – 99,6 % (табл. 1).

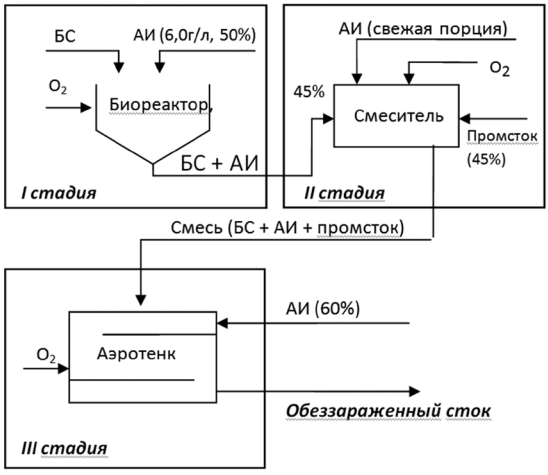


Рис. 1. Блок-схема безреагентной дезинфекции (обеззараживания) сточных вод (АИ – активный ил; БС – бытовой сток)

Таблица 1.

Эффективность обеззараживания бытовых сточных вод

Показатель	Бытовой сток	Очищенный сток после обеззараживания хлорированием	Эффективность, %	Очищенный сток после обеззараживания по 3-стадийной схеме	Эффективность, %	Норма
ОКБ	Min $6 \cdot 10^3$ Max $1 \cdot 10^6$	Min $4 \cdot 10^2$ Max $8 \cdot 10^2$	93,3 99,0	Min $1 \cdot 10^2$ Max $4 \cdot 10^2$	97,5 99,9	500
ТКБ	Min $6 \cdot 10^3$ Max $6 \cdot 10^5$	Min $4 \cdot 10^1$ Max $3 \cdot 10^2$	99,3 99,9	Min $2 \cdot 10^1$ Max $1 \cdot 10^2$	99,4 99,9	100

Преимущество обеззараживания патогенной микрофлоры активным илом:

– безвредность способа для биоты, исключение образования и попадания в окружающую среду высокотоксичного хлора (или озона) и его производных;

– безопасность для персонала, связанная с хранением, получением и применением реагентов, традиционно применяемых для обеззараживания сточной и водопроводной воды;

– высокая степень обеззараживания;

– простота обслуживания и технологического регулирования;

– использование для обеззараживания избыточного активного ила кроме основной задачи позволяет решить еще одну актуальную проблему, связанную с эффективностью биологической очистки и существующую на большинстве биологических очистных сооружениях, – «омолодить» возраст микроорганизмов АИ за счет отведения избытка ила и соответственно повысить эффективность биоочистки.

Литература

1. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки сточных вод. М.: Высшая школа, 1978. 268 с.
2. Кирсанов В.В. Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: Монография/Под ред. проф. Глебова А.Н. Казань: Изд-во Казан.гос. техн. ун-та, 2010. – 264 с.
3. Кирсанов В.В. Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды. Т. 1. Процессы и аппараты защиты гидросферы/Кирсанов В.В. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 496 с.
4. Патент на внедренное изобретение № 2423322, МПК C02F3/02, Бюл. № 33 27.11.2009. Способ комплексного обеззараживания бытового стока /Кирсанов В.В. и др.
5. СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Мингазетдинов И.Х., Кулаков А.А., Газеев Н.Х.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

RATIONAL WATER CONSUMPTION IN THE MACHINE-BUILDING COMPLEX

Mingazetdinov I.Kh., Kulakov A.A., Gazeev N.Kh.,
Kazan national research technical university of A.N. Tupolev- KAI, Kazan

Аннотация

В работе рассматриваются различные рациональные подходы к уменьшению водопотребления машиностроительных производств.

Ключевые слова: рациональные устройства очистки, замкнутые системы водопотребления, мембранный половолоконный аппарат, шнековый гальванокоагулятор.

Annotation

The paper discusses the various rational approaches to decrease watering hole-consumption machine industry.

Keywords: rational cleaner, closed systems vodopotreb-ment, the hollow fiber membrane unit, screw galvanokoagulyator.

Водные ресурсы и водохозяйственный комплекс в целом во многом определяют социально-экономическую устойчивость и направление развития страны. От водохозяйственной и экологической безопасности, уровня водообеспеченности населения и социальной сферы качественной питьевой водой, бесперебойности и достаточности водоснабжения отраслей экономики, состояния водных объектов и водных ресурсов, достоверности прогнозирования чрезвычайных водохозяйственных ситуаций, их своевременного предотвращения и (или) минимизации наносимого ущерба в немалой степени зависит национальная безопасность государства [1].

Загрязнение водоемов промышленными сточными водами представляет собой серьезную экологическую и экономическую проблему. Разрешение этой проблемы должно базироваться на разработке методов, средств и устройств очистки стоков от загрязняющих веществ и на снижении водопотребления. Снижение водопотребления возможно как при разработке новых технологических процессов, так и при создании рациональных схем оборотного водоснабжения для существующих технических процессов.

Сточные воды машиностроительных предприятий по номенклатуре загрязняющих веществ распределяются следующим образом: около 75 % составляют сточные воды, содержащие механические загрязнения; масла, СОЖ, нефтепродукты составляют около 20 %, химические загрязнения – около 5 % [2]. Одним из рациональных путей экономного использования воды в производстве является организация локальных водооборотных систем, в которых доведение физико-химических показателей качества очищенной воды должно соответствовать требованиям технологических процессов. Приведенные требования к качеству оборотной воды в ряде случаев ниже требований, предъявляемых действующими нормативами к содержанию вредных веществ в сбрасываемых в водоемы стоках. Организация локальных оборотных систем водоснабжения выполняется в несколько этапов. На первом этапе проводится предварительная обработка воды (смешение, усреднение, отстаивание) для отделения грубодисперсных частиц загрязнителя. После этого проводится первичная обработка воды (центробежное разделение, тонкослойное гравитационное отстаивание, флотация, коагуляция, фильтрация). Для реализации первичной обработки воды разработано несколько устройств [3–5] с использованием перечисленных подходов. Устройство [3] представляет собой комбинацию в одном аппарате двух факторов разделения взвешенных

загрязнителей: центробежное разделение и разделение и тонкослойное отстаивание. Аппарат представляет собой цилиндрический корпус с горизонтальной осью. Патрубок подвода загрязненной жидкости расположен тангенциально к корпусу и установлен в верхней части корпуса. Внутри корпуса имеется диффузорный спиральный канал. Перед патрубком отвода шлама имеется направляющая пластина. На выходе из спирального канала имеется набор наклонных пластин с углом наклона 45–60 градусов, и нижняя наклонная пластина в нижней части имеет наклонный желоб, соединенный с патрубком отвода шлама. Все наклонные желоба имеют общий промывной патрубок. Работа устройства осуществляется следующим образом. Загрязненная сточная вода поступает в отводящий патрубок и движется по спиральному каналу, где приобретает вращательное движение. За счет центробежной силы крупные частицы отбрасываются к стенке диффузора и отводятся в патрубок отвода шлама. Основная масса воды, содержащая мелкие и средние загрязняющие частицы, поступает в зону тонкослойных пластин. Скорость жидкости при входе значительно понижается за счет расширения канала. В зоне тонкослойного отстаивания происходит осаждение частиц по закону Стокса на пластины и сползание шлама к наклонным желобам, откуда промывной водой отводятся в патрубок отвода шлама. Очищенная вода отводится через патрубок в верхней части наклонных пластин.

Очистка жидкости от взвешенных частиц методом флотации осуществляется в устройстве [4]. Сепаратор представляет собой цилиндрическую камеру в форме усеченного конуса с сужением в верхней части. Внутри корпуса коаксиально установлена штанга, имеющая в нижней части перфорированные диски, а в верхней части соединенных с магнитным вибратором.

Под нижним перфорированным диском расположено барботажное устройство для подвода воздуха. Флотационная пена, поднимаясь наверх, увлекает за собой частицы загрязнителей и удаляется вращающимися лопастями в пеносборник через патрубок. Очищенная вода отводится через патрубок, защищенный специальным отражателем. Магнитный вибратор заставляет колебаться штангу вместе с перфорированными дисками, что способствует интенсивному перемешиванию пузырьков, без образования воронки.

Другое устройство для флотационной очистки предложено в [5], где автоматически осуществляется регулирование сгребания пены в пеносборник расхода подаваемой на очистку воды. Это обеспечивается системой специальных поплавков.

Одним из перспективных методов очистки сточных вод является очистка с использованием мембран. В технологии мембраной очистки основным элементом является полупроницаемая мембрана. В зависимости от размеров пор в мембранах, различают микрофильтрацию (диаметр пор >50 нм), ультрафильтрацию (диаметр пор 2–50 нм) и нанофильтрацию (диаметр пор < 2 нм). Промышленность выпускает мембраны в виде трубчатых, половолоконных, рулонных, плоскопараллельных элементов. При практическом применении мембранных элементов существенным недостатком является нестабильность характеристик мембран по мере эксплуатации, обусловленная закупориванием отверстий частицами загрязняющего вещества, что приводит к заиливанию поверхности мембраны. Вследствие этого возникает необходимость останавливать процесс очистки и проводить обратную промывку, в противотоке, что снижает производительность. Для осуществления непрерывной очистки требуется оборудовать две параллельные ветки очистки, одна из которых работает в режиме очистки, другая – в режиме регенерации. Из-за этого технологический процесс усложняется, увеличивается количество оборудования и стоимость очистки возрастает.

Для упрощения общей схемы мембранной очистки и энерго- и ресурсосбережения разработано устройство [6], позволяющее осуществлять непрерывную регенерацию мембранного элемента. Устройство представляет собой цилиндрический корпус с двумя днищами. Внутри корпуса расположен кольцевой пакет половолоконных нитей. Один конец половолоконных нитей глухо заделан в перегородку у переднего днища, а другой конец жгута проходит через перегородку у заднего днища в полость очищенной жидкости, откуда она отводится через сливной патрубок. Регенерация нитей от налипших загрязняющих веществ проводится

тремя путями. Первый фактор – истечение исходной жидкости через центральную перфорированную трубу, которая промывает снаружи все нити. Другой фактор – ультразвуковые колебания всего пакета, которые генерируются ультразвуковым излучателем, установленным на входном патрубке. Третий фактор – подача части жидкости тангенциально к корпусу, что способствует отбрасыванию частиц загрязнителя к стенке корпуса и отводу шлама через специальные патрубки.

Таким образом, предложенные устройства позволяют проводить очистку отработанных промышленных вод до необходимого уровня и организовывать замкнутые оборотные системы водоснабжения, повышая энерго- и ресурсосбережение.

Литература

1. Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах. ФЦП. Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2012 г. № 2350.
2. Мингазетдинов И.Х., Газеев Н.Х., Кулаков А.А. Экологизация технологий очистки сточных вод от нефтепродуктов. В сб.: Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях: Материалы Международной научно-практической конференции «Белые ночи – 2014». – Грозный, 2014. – С. 300–302.
3. Мингазетдинов И.Х., Смирнова С.В., Махотина Н.В., Чекменева И.Ю. Тонкослойный отстойник. Патент RU на ПМ № 110284, Бюл. № 32, 20.11.2011.
4. Мингазетдинов И.Х., Садыкова А.М. Сепаратор пенной очистки сточных вод от шлама. Патент RU на ПМ № 109125, Бюл. №28, 10.10.2011.
5. Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Кудрявцева Е.С., Чернова Н.В. Тонкослойный отстойник. Патент RU на ПМ № 133115, Бюл. № 28, 10.10.2013.
6. Мингазетдинов И.Х., Зареева Н.А., Кулаков А.А. Тонкослойный отстойник. Патент RU на ПМ № 89416, 08.07.2009.

МЕТАБОЛИЗМ БЕЛОГО ФОСФОРА И ОСУЩЕСТВЛЯЮЩАЯ ЕГО МИКРОФЛОРА

Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г.,
ФГБУН Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, г. Казань,
Алимова Ф.К., Сапармырадов К.А., Панкова А.В.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

METABOLISM OF WHITE PHOSPHORUS AND CARRY OUT ITS MICROFLORA

Mindubaev A.Z., Voloshina A.D., Gorbachuk E.V., a Kulik N.V., Minzanova S.T., Mironova L.G., Yakhvarov D.G.,
State Budgetary-Funded Institution of Science A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry of Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences
Alimova F.K., Saparmyradov K.A., Pankova A.V.,
Kazan Federal University, Kazan

Аннотация

Впервые произведены посевы микроорганизмов различных таксономических групп (грибов, стрептомицетов и бактерий) на синтетические культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. На данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание. Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Характер и состав продуктов окисления белого фосфора исследовался нами методом 31P ЯМР. Самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 2500 раз!

Annotation

For the first time different taxonomic groups of microorganisms (fungi, Streptomyces and bacteria) are inoculated on culture medium containing white phosphorus as the single source of phosphorus. On these media microorganisms grew and have not experienced phosphorus starvation. It is the world's first example of the inclusion of white phosphorus in the biosphere cycle of elemental phosphorus. The highest concentration corresponds to 2500 times excess of MPC of white phosphorus in wastewater!

Введение

Предыдущие работы нашего коллектива [1] позволили пролить свет на практически неизученный вопрос токсичности белого фосфора для прокариот. Однако главная цель работы – доказательство биологической деградации белого фосфора, активное участие в процессе его обезвреживания микроорганизмов – до сих пор не была достигнута. Результаты представленного исследования служат аргументом в пользу биодеградации.

Материалы и методы

Культуры бактерий были идентифицированы на приборе Bruker Daltonik MALDI Biotyper на базе протеомного центра КФУ. Идентификация проводилась на основе анализа белкового состава микробной клетки.

Нами впервые произведен посев устойчивой микрофлоры на искусственную культуральную среду, содержащую в качестве единственного источника фосфора белый фосфор, и наблюдался рост на этой среде. Посев чистой культуры Bacillus subtilis из субстрата с исходным содержанием белого фосфора 0.1 % производился на модифицированную среду Придхем-Готлиба. Классическая среда Придхем-Готлиба не содержит источников углерода, в качестве таковых выступают нефтепродукты. Наша модификация включает глюкозу, но не содержит источников фосфора (в качестве такового выступает белый фосфор). Посев

Aspergillus niger, споры которого были внесены вместе с белым фосфором, производили на аналогичную среду, источник фосфора в которой белый фосфор в концентрации 0.01 и 0.05 % по массе. В контрольные среды К (+) вносился фосфат. В контрольные среды К (-) источники фосфора не вносились. Белый фосфор диспергировали в стерилизованной автоклавированием дистиллированной воде. Изначально планировался посев устойчивых бацилл, однако в среды попали споры A. niger, вероятно, с белым фосфором, который не подвергался стерилизации. Произвели посев выросших A. niger на контрольные среды К (+) и К (-). Второй пересев A. niger произведен на среды аналогичного состава, третий – на среды с увеличенной концентрацией белого фосфора: 0.05, 0.1 и 0.2 % по массе. Аналогично был произведен посев Streptomyces sp., выделенного из ОСВ с 0.01 % белого фосфора, по-видимому, соответствующий или родственный Streptomyces sp. A8, описанному в работе [2]. Четвертый пересев проводился на среды с концентрацией белого фосфора 0.5 % по массе.

Бактерии Pseudomonas alcaliphila, выделенные на кафедре биохимии КФУ, высевали на среды идентичного состава, содержащие 0.01 и 0.05 % белого фосфора, на чашки Петри и в плоскодонные колбы на 50 мл с целью создания накопительных культур. Оптическая плотность измерялась на фотоэлектроколориметре АР-101 (Apel, Япония) при длине волны 540 нм. Второй посев той же культуры P. alcaliphila был произведен через 42 дня.

Для определения антибиотической активности Streptomyces sp. A8, выделенного из осадка с белым фосфором, в качестве тест-организмов использованы бактерии Bacillus megaterium и Pseudomonas putida, пекарские дрожжи Saccharomyces cerevisiae. Для определения фитотоксичности использовались семена сорных растений щирицы запрокинутой (Amaranthus retroflexus) и лебеды голостебельной (Atriplex nudicaulis), а также одноклеточная зеленая водоросль (Chlorella vulgaris). Секвенирование фрагмента гена 16S РНК S.sp. A8 с целью установления его видовой принадлежности проводили в ЗАО «Евроген» (г. Москва).

Результаты и обсуждение

Анализ рибосомных белков, проведенный на кафедре биохимии Казанского федерального университета, позволил обнаружить пять видов бактерий: Pseudomonas alcaliphila, Raoultella terrigena, Paenibacillus polymyxa, Lysinibacillus boronitolerans, Bacillus megaterium. Псевдомонады и ряд бацилл известны как эффективные деструкторы неприродных веществ, однако устойчивость к белому фосфору выявлена для них впервые [3].

Нами впервые произведен посев устойчивой микрофлоры на искусственную культуральную среду, содержащую в качестве единственного источника фосфора белый фосфор, и наблюдался рост на этой среде. Посев чистой культуры Bacillus subtilis из субстрата с исходным содержанием белого фосфора 0.1 % [3] производился на модифицированную среду Придхем-Готлиба. Бациллы растут очень интенсивно на среде, содержащей фосфат. В среде без источников фосфора признаки жизнедеятельности вообще не наблюдаются, среда прозрачна, отсутствует показатель брожения глюкозы – выделение газа. Самый интересный результат демонстрирует среда с белым фосфором. В ней присутствуют отдельные мелкие колонии. Наблюдалось выделение газа. Значит, бациллы смогли расти, хоть и очень медленно, на продуктах окисления белого фосфора, включающих незначительные количества фосфата и фосфита! Рост на культуральных средах с белым фосфором наблюдался нами впервые.

Посев Aspergillus niger и Streptomyces sp. производили на среду, в которой единственный источник фосфора – белый фосфор в концентрации 0.01 и 0.05 % по массе. Рост аспергилла стал неожиданностью. По всей видимости, споры плесневого гриба попали в среды с навесками белого фосфора, стерилизовать который автоклавированием слишком опасно. В контрольные среды К (+) вносился фосфат. В контрольные среды К (-) источники фосфора не вносились. Белый фосфор диспергировали в стерилизованной автоклавированием дистиллированной воде. Через пять суток произвели посев выросших A. niger на контрольные среды К (+) и К (-). Второй пересев аспергилла был произведен на среды аналогичного состава. На средах с 0.01 % белого фосфора выросло множество мелких колоний A. niger, а на средах с

0.05 % – меньшее число колоний, но более крупных. По всей видимости, это означает, что на среде с большей концентрацией ксенобиотика не все споры смогли прорасти. Пересеяли культуру A. niger, выросшую на 0.05% белого фосфора, на контрольные среды K (+) и K (-). На среде K (-) без источников фосфора колонии выросли немногочисленные, занимающие сравнительно большую площадь, но очень слабые (практически прозрачные, с неразвитым мицелием) (рис. 2). По всей видимости, сказалась нехватка фосфора. Любопытно, что на среде с 0.05 % белого фосфора колоний выросло меньше, чем на K(+), однако они производят впечатление совершенно нормальных, не испытывающих дефицит питательных веществ (рис.). Отсюда следует вывод, что на среде с белым фосфором выживают не все споры гриба, но выжившие обладают способностью использовать в качестве источника фосфора либо сам белый фосфор, либо продукты его химических превращений. Третий пересев был произведен на среды с более высокой концентрацией белого фосфора, 0.05, 0.1 и 0.2 % P4, с целью адаптации гриба к ней, четвертый – 0.5 %. Последняя, самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 2500 раз! Тем не менее даже при столь высоком содержании белого фосфора в среде на четвертый день после посева наблюдался рост колоний гриба, хотя и медленный. Тем не менее результаты посева позволяют заключить, что черный аспергилл переносит присутствие белого фосфора в среде даже в концентрации 0.5 %. Стрептомицет Streptomyces sp. также отлично выдерживает концентрации P4 вплоть до 0.2 %. Внешне колонии актиномицета, выросшие на трех концентрациях белого фосфора, практически не отличались. Бактерии Pseudomonas alcaliphila [3], в отличие от грибов и стрептомицетов, не растут на средах, содержащих белый фосфор в качестве единственного источника фосфора, а впадают в анабиоз (рис. 1).

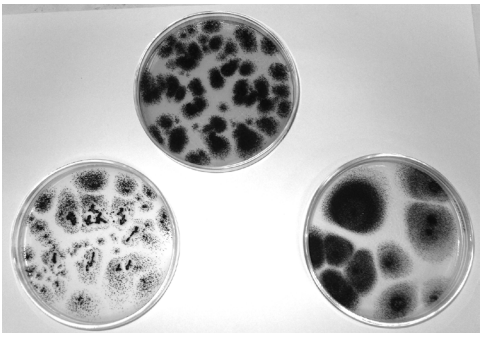


Рис. 1. Устойчивые аспергиллы. Слева – среда без источника фосфора, на ней наблюдается рост слабых колоний аспергилла. Вверху – среда с фосфатом, наблюдается рост множества колоний A. niger. Справа – среда с 0.05% белого фосфора, наблюдается рост нескольких крупных колоний A. niger

Можно изобразить следующую гипотетическую схему биодеградации белого фос-фора. На первом этапе P4 диспропорционирует до смеси фосфидов, гипофосфитов, фосфитов и фосфатов. Далее микроорганизмы употребляют водорастворимые окисленные продукты и тем самым смещают химическое равновесие в сторону дальнейшего окисления фосфора.

Вызывает интерес тот факт, что штамм S. sp. A8 совершенно не проявлял фитотоксическое влияние на оба сорняка. Вероятно, это связано с тем, что в среде обитания этого штамма (осадки сточных вод) отсутствуют высшие растения. По этой же причине большинство штаммов стрептомицетов, в том числе S. sp. A8, не подавляли рост пекарских дрожжей. Зато данный штамм эффективно подавляет зеленые водоросли и бациллы – организмы, близкие к обитающим в сточных водах. В работе [4] сообщается, что представители рода Bacillus также вырабатывают адаптации к присутствию белого фосфора, следовательно, бациллы и S. sp. A8 могут конкурировать даже в условиях сильнейшего химического загрязнения, что не может не вызывать удивление. Этим и объясняется угнетающее влияние S. sp. A8 на

B. megaterium. Возможно, и присутствие ядовитого вещества повлияло на свойства культуры, у которой пропала необходимость синтезировать собственные токсины.

На основании полученных данных по морфологии видовая принадлежность штамма А8 была определена как Streptomyces xanthocidicus, но данные по геномике ее не подтвердили. Поэтому правильно продолжать называть штамм Streptomyces sp. А8.

Известно, что белый фосфор нестабилен и легко диспропорционирует в щелочных условиях. Однако pH ОСВ на протяжении выдерживания в анаэробных условиях снижается. Сходные процессы закисления сбраживаемого в анаэробных условиях субстрата описаны нами в работе [5]. pH среды измерялся в непрерывном режиме портативным pH-метром. Свежий ОСВ имеет среду, близкую к нейтральной (pH 7 или чуть выше), а после сбраживания в течение более двух месяцев pH падает до 6 и даже ниже за счет процессов брожения и накопления органических кислот. Кислая среда способствует росту устойчивости белого фосфора; следовательно, его распад легче объяснить влиянием ферментативных систем микрофлоры, чем абиотической деструкцией. Это служит еще одним аргументом в пользу биодеградации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-08-31091 мол_а).

Литература

1. Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч. Анаэробная детоксикация белого фосфора: потенциальная возможность // Труды XIV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 18–20 марта 2014 г. С. 555–559.
2. Болормаа Ч., Сапармырадов К.А., Алимова Ф.К., Миндубаев А.З. Сравнение показателей фитотоксичности, фунгицидной и бактерицидной активности стрептомицетов из различных местообитаний // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 38. № 6. С. 147–152.
3. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Панкова А.В., Яхваров Д.Г. Обезвреживание промышленных стоков, содержащих белый фосфор, при помощи микрофлоры ОСВ // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2014. № 1–2. С. 68–72.
4. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г. Метаболиты и устойчивая микрофлора в субстратах с содержанием белого фосфора 0.1 % // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 37. № 3. С. 67–78.
5. Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Скворцов Е.В., Миронов В.Ф., Зобов В.В., Ахмадуллина Ф.Ю., Миронова Л.Г., Белостоцкий Д.Е., Коновалов А.И. Оптимизация параметров выработки биогаза в лабораторном масштабе // Вестник Казанского технологического университета. 2009. № 4. С. 233–239.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Садриева Г.К., Ключников О.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF HEAT TRANSVER RESISTANCE THERMAL INSULATION MATERIALS AND STRUCTURES

Sadrieva G.K., Kluchnikov O.R.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование сопротивления теплопередаче ячеистого поликарбоната, одно- и двухкамерного стеклопакетов из неорганического стекла при использовании прибора контактного измерения плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03/Х(У) «ПОТОК» и проведены серии экспериментов по выявлению влияния продольно-поперечного расположения сот на сопротивление теплопередаче поликарбоната измерителем теплофизических величин «Теплограф». Сделан вывод об эффективности листов трехслойного ячеистого поликарбоната в качестве телоизолирующего остекления.

Annotation

Carried out the research of heat transmission resistance of cellular polycarbonate, one-chamber and double-chamber glass units from inorganic glass by using the contact measuring device of heat flow density ИТП-МГ4.03/Х(У) «ПОТОК» and conducted series of experiments to identifying the influence of twist-and-steer disposition cell on the heat-transfer resistance of polycarbonate by gauge of physical quantities «Теплограф». Came to conclusion about the efficiency of three-chamber cellular polycarbonate as a heat insulating glazing.

Экспериментальная часть

Были проведены экспериментальные исследования по определению значений плотности тепловых потоков и сопротивления теплопередаче при использовании прибора ИТП-МГ4.03/Х(У) «ПОТОК» у одно- и двухкамерных стеклопакетов из неорганического стекла, листов ячеистого поликарбоната толщиной 5 мм, 10 мм,16 мм (3-слойный, полиячеистый) по методике [1].

Образцы стеклопакетов устанавливали в воздушный термостат объемом 1 л, см. рис. 1. В качестве источника теплоты служила лампа накаливания 40 Вт. Температура внутри термостата поддерживалась в среднем 70 ± 1°. Данные по сопротивлению теплопередаче R, м^2 °С/Вт, представлены на рис. 1.

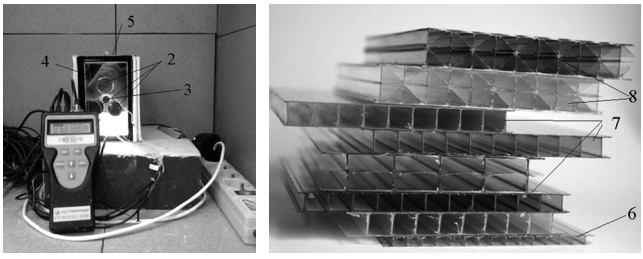


Рис. 1. Прибор ИТП-МГ4.03/Х(У) «ПОТОК», 2 – датчики тепловых потоков, 3 – датчик температуры, 4 – исследуемый образец однокамерного стеклопакета из неорганического стекла, 5 – воздушный термостат, 6 – лист поликарбоната толщиной 5 мм, 7 – лист поликарбоната толщиной 10 мм, 8 – трехслойный полиячеистый лист поликарбоната толщиной 16 мм.

По данным ~80–100 замеров определялось среднеарифметическое значение плотности тепловых потоков $q_{ср}$. Далее по формуле: $R = (t_{вн} - t_{нар}) / q_{ср}$ рассчитывалось сопротивление теплопередаче R. Результаты представлены ниже.

Стеклопакеты:

а – 2-камерный стеклопакет с ИК-покрытием, марки: СПД 4М1-12-4М1-12-4М1 R=0.18 м²° С/Вт;

б – 2-камерный стеклопакет с многослойным ИК-покрытием, марки: СПД 4М1-12Ar-4М1-12Ar-4М1 R=0.19 м² °С/Вт;

с – 1-камерный стеклопакет ИК-покрытием, марки: СПО 4М1-16-4М1 R=0.17 м²° С/Вт;

d – 1-камерный стеклопакет с многослойным ИК-покрытием марки: СПО 4М1-12Ar-4М1 R=0.16 м² °С/Вт;

е – 1-камерный стеклопакет с обычным стеклом, марки: СПО 4-16-4 R=0.10 м²° С/Вт;

f – 2-камерный стеклопакет с обычным стеклом, марки: СПД 4-12-4-12-4 R=0.15 м²°С/Вт.

Поликарбонатные стекла:

g – Novattro сотовый пк толщиной 5 мм R=0.09 м² °С/Вт;

к – Novattro сотовый пк толщиной 10 мм R=0.10 м² °С/Вт ;

1 – Novattro сотовый пк толщиной 16 мм, (3 слоя+6 ячеек) R=0.20 м² °С/Вт

Как видно, в условиях проводимых экспериментов максимальное значение сопротивления теплопередаче было обнаружено у трехслойного полиячеистого поликарбоната толщиной 16 мм, которое превосходило R как у однокамерного стеклопакета с ИК-отражающими покрытиями, так и у двухкамерного стеклопакета.

Дополнительно провели исследование влияния продольно-поперечного расположения сот на сопротивление теплопередаче поликарбоната многоканальным прибором измерения теплофизических величин «Теплограф» и выявили, что в условиях проведенных экспериментов у поликарбоната с горизонтально расположенными ячейками сопротивление теплопередаче в 2 раза выше, чем при вертикальном расположении, т.е.;

$$R_{гор} = 0{,}21 \quad R_{вер} = 0{,}13$$

Вывод

Трехслойный полиячеистый поликарбонат толщиной 16 мм по теплоизоляционным свойствам аналогичен или несколько превосходит 2-камерный стеклопакет (тройное остекление) и однокамерные стеклопакеты с ИК-отражающими покрытиями, при этом 1 м² такого остекления в ~12 раз легче и в ~3 раза дешевле, что позволяет рассматривать его в качестве эффективного энергосберегающего светопрозрачного конструкционного материала.

Литература

1. ГОСТ 7076-78. Метод определения теплопроводности.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ И ПОВЫШЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СПЕЦИАЛИСТОВ И НАСЕЛЕНИЯ

Мухутдинова Т.З.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RUSSIAN ECONOMY AND INCREASE OF INNOVATIVE AND ECOLOGICAL CULTURE OF SPECIALISTS AND POPULATION

Mukhutdinova T.Z.,
Kazan National Research technological University, Kazan

Аннотация

Рассмотрено современное состояние и инновационное развитие предприятий и его воздействие на экологическую ситуацию и качество жизни населения. Показана необходимость подготовки инновационно ориентированных специалистов и повышения экологической культуры специалистов предприятий и населения.

Annotation

The actual state and innovative advance of enterprises and its influence for ecological situa-tion and life quality of people was considered. The necessity of training of innovational oriented specialists and increase of ecological culture of specialists and populace has shown.

Научно-технический прогресс и ориентация на технические источники обеспечивают развитие экономики и других сфер жизни общества. Современная экономика России ориентируется на инновационную технологическую политику, нацеленную на доведение инновационных идей и разработок до их коммерческой реализации. Высокотехнологичные нововведения неизменно приводят к позитивным экономическим последствиям, благоприятно изменяют конкурентную среду и тем самым способствуют общественному развитию.

В основе инновационного типа развития лежит целенаправленный и непрерывный процесс поиска, подготовки и реализации нововведений, позволяющих повысить эффективность деятельности, увеличить степень удовлетворённости потребностей общества. Главное место в этом типе развития отводится инноваторам. Организации (предприятия, регион, общество) видят свой рост в получении и использовании конкурентных преимуществ, источником которых и выступают инноваторы, то есть те, кто непосредственно связан с научными исследованиями и разработками, внедрением результатов в производство, коммерциализацией технологий.

Научная сфера, техника и технологии были и остаются главным источником преобразований в обществе. Это относится ко всем отраслям промышленного комплекса России и её регионов, в том числе и Республики Татарстан.

К числу важных проблем современной России относятся: сохранение имеющегося научно-технического потенциала; овладение новыми рыночными методами коммерциализации наукоёмких разработок и технологий в научных организациях и предприятиях; выявление способности предприятий воспринимать, порождать и осваивать научно-технические достижения и стимулирование этой способности; формирование у коллективов предприятий, и прежде всего у руководителей, психологической готовности и нацеленности на осуществление изменений (порой радикальных) и нововведений в быстро меняющейся экономической ситуации.

Для эффективного решения имеющихся проблем во всех отраслях экономики необходимы высококвалифицированные, инновационно ориентированные специалисты. Любая инновационная деятельность требует наличия высококвалифицированных кадров, способных сопровождать инновационный проект на всех этапах инновационного процесса: от зарождения плодотворной инновационной идеи (бизнес-идеи) до её коммерческой реализации (рис. 1).

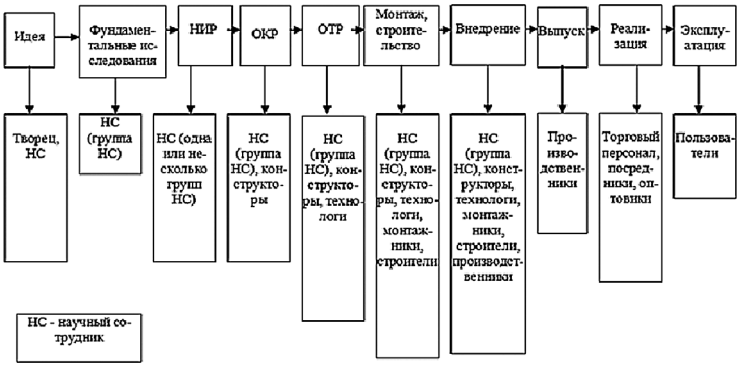


Рис.1. Этапы инновационного процесса и специалисты, сопровождающие инновационный процесс

Ответственность за их подготовку взяли на себя вузы, которые одновременно оказывают поддержку всем заинтересованным в своём инновационном развитии предприятиям. Современные вузы готовят инновационно ориентированных специалистов с использованием эффективных научно-образовательных технологий, а также путём подготовки и переподготовки специалистов предприятий с использованием всех современных педагогических форм и методов, в том числе и современных информационных технологий. Предприятия должны работать в тесной кооперации с вузами: совместно формировать квалификационные требования к выпускникам вузов и специалистам предприятий, оказывать полноценную помощь вузам при организации практической работы студентов и трудоустройстве выпускников.

В то же время сложившиеся в начале 21 века социально-экономические и социокультурные условия развития страны вывели проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды на первый план. Перед обществом особенно остро встали вопросы пересмотра сложившихся социально-этических норм и ценностей, конечных целей и цивилизованной меры разумности по отношению к природе.

Рассматривая историю развития взаимосвязей и взаимодействия человеческого общества с природой, мы всё чаще вспоминаем В.И. Вернадского, который в своих трудах выделял антропогенный фактор как решающий в эволюции биосферы и отмечал, что хозяйственная деятельность человека становится геологической силой, способной изменить мир и даже поставить его на грань глобальной экологической катастрофы [1, 2].

Анализ развития цивилизации показывает, что противоречия между человеком и природой возникли уже с появлением в биосфере человека, а к настоящему времени выросли до глобального масштаба и продолжают углубляться, становясь все более трудноразрешимыми.

Примером противоречий в отношениях человека и природы является история доминанты [3-6]. До формирования человеческой цивилизации доминантой была природа, а человек был во власти природных и стихийных явлений, под влиянием которых у него выработались страх и недружественное отношение к природе. По мере формирования и развития цивилизации человек постепенно создал безопасную для себя и уютную окружающую среду (техносферу), причём создал её за счёт использования природных ресурсов. Неразумное отношение человека к природным ресурсам сохранилось с тех самых времён, когда ему нужно было выживать в суровых природных условиях. Период техносферы характеризуется доминантой человека над природой, подтверждение этому – освоение космического пространства, глубинных слоев мирового океана и литосферы. Противоречия, возникшие в период доминанты человека над природой, углубляясь, привели к формированию глобальных экологических проблем, грозящих существованию самой человеческой цивилизации.

Важными проблемами 21 века являются реализация надёжных способов и средств управления глобальным техногенезом с целью преодоления сформировавшихся противоре-

чий, обеспечения необходимых условий для выживания человечества и достойного уровня жизни человека. Это возможно только при комплексном решении экологических проблем во всех сферах материального производства. К сожалению, современное развитие общества продолжает усугублять противоречия между материальным производством и ограниченными возможностями биосферы. Продолжаются нерациональное и экстенсивное использование природных ресурсов, загрязнение компонентов окружающей природной среды и деградация экосистем. Так, добыча и переработка минеральных ресурсов сопровождаются нарушением и интенсивным загрязнением окружающей среды. Добыча нефти приводит к загрязнению подземных вод, почвы и водоёмов, добыча газа способствует сильному загрязнению атмосферы. На поверхность Земли ежегодно поднимают порядка 100 млрд. т полезных ископаемых, из которых в материальном производстве используют лишь 5–10 %, а остальные являются отходами. Разработка месторождений твёрдых полезных ископаемых приводит к изменению уровня и снижению напора подземных вод и изменению направлений и скоростей их фильтрации. Такие нарушения в литосфере могут распространяться на сотни квадратных километров, обуславливая процессы засоления и потопления земель, эрозии почвы, создавая угрозы проседания поверхности, обвалов, оползней и землетрясений. Несмотря на заметное истощение запасов нефти и других полезных ископаемых, каждая лишняя тонна добытых нефти, угля и металлических руд вызывает одобрение в сфере материального производства, хотя это способствует усилению загрязнения окружающей среды и ухудшению здоровья людей.

Есть и другие проблемы. ОАО «Нижнекамскнефтехим» был введён в действие в 60-е годы прошлого века. Комплекс нефтехимических предприятий располагался так, что «роза ветров» не имела направления от них к городу, и это обеспечивало определённую экологическую безопасность населения города Нижнекамска от вредных выбросов предприятий в атмосферный воздух. Но постепенно ситуация изменилась, загрязнённый воздух всё больше поступает в воздушное пространство города, ухудшая качество жизни и здоровье населения.

ОАО «Казаньоргсинтез» был построен 50 лет назад также достаточно далеко от жилых кварталов Казани. Это обеспечивало населению экологическую безопасность от возможных выбросов в атмосферный воздух вредных веществ. Но постепенно жилые массивы всё ближе и ближе подступали к предприятию, располагаясь и в зонах активного загрязнения. С одной стороны, в данном случае предприятие не отвечает за здоровье жителей, проживающих вблизи, так как ПДКрз вредных веществ (в рабочей зоне) обычно в несколько раз выше, чем ПДКсс (среднесуточная в населённом пункте). Но с другой стороны, руководству предприятия не безразлично их здоровье, так как большинство жителей работает здесь.

Анализ этих ситуаций показывает, что стало крайне необходимым экологическое воспитание и образование, а также экологическое информирование работников предприятий и населения о том, как воздействуют выбросы нефтегазохимических и других производств на окружающую среду и, что самое главное, на качество жизни и здоровье людей. Такие предприятия должны располагаться вдали от жилых массивов и иметь достаточные площади санитарно-защитных зон и зелёных насаждений.

В формирование современных региональных и глобальных экологических проблем большой вклад вносит современный автотранспорт. Высокая опасность для человека выхлопных газов автотранспорта обусловлена их поступлением в воздух над поверхностью дороги и распространением практически на уровне человеческого роста. В городах загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта и пылью дорожного покрытия уже давно вышло на первое место, опережая загрязнения выбросами промышленных предприятий. Выпуск и использование автомобилей, с одной стороны, для человека являются благом, а с точки зрения экологии — наносят его здоровью непоправимый ущерб. Выхлопные газы далеко не единственная причина загрязнения воздуха при изготовлении и эксплуатации транспорта. Из этого следует, что необходим транспорт принципиально новых технологий, работающий с использованием экологически безопасных комплектующих и топлива без загрязнения окружающей среды.

Обществу нельзя забывать об устаревших технологиях и изношенном оборудовании многих нефтегазохимических производств страны, недостаточном уровне экологической грамотности и культуры работников, профессиональной неподготовленности специалистов и рабочих для обслуживания процессов экологического мониторинга, очистки и переработки (утилизации) отходов производств, в том числе отходов производства и эксплуатации транспортных средств, которые являются фактором ухудшения экологической ситуации [7].

В то же время имеется и такой фактор: предприятия, вкладывающие средства в обновление технологий, усовершенствование оборудования и природоохранные мероприятия, оказываются на первое время в более худшем положении, так как расходы на эти мероприятия ведут к удорожанию их продукции. Таким образом, требования охраны окружающей среды вступают в противоречие с необходимостью экономии средств [8, 9].

Преодоление противоречий между природой и человеком в период доминанты человека над природой возможно лишь путём претворения в жизнь принципов устойчивого развития. Для этого необходимо повышение экологической грамотности и экологической культуры специалистов и населения до такого уровня, когда производственная деятельность и поведение человека в быту будут способствовать рациональному природопользованию и гармоничному развитию окружающей природной среды.

Таким образом, современное состояние и нацеленность на инновационное технологическое развитие предприятий обостряют региональные и глобальные экологические проблемы и требуют использования надежных и экологически безопасных технологий, современных способов и средств рационального природопользования для обеспечения устойчивого развития регионов. Для эффективного инновационного развития регионов необходима подготовка вузами совместно с предприятиями инновационно ориентированных специалистов и повышение экологической культуры специалистов предприятий и населения.

Литература

1. Солоухин В.А. Собрание сочинений. В 4-х т. Т. 3. М.: Худ. лит., 1983–1984. – С. 483–495.
2. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. – 520 с.
3. Мухутдинова Т.З. Формирование и развитие региональной системы непрерывного экологического образования специалиста. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2003. – 352 с.
4. Мухутдинов А.А., Борознов Н.И., Петров Б.Г., Мухутдинова Т.З., Шаяхметов Д.К. Основы и менеджмент промышленной экологии. Учебное пособие. Под ред. проф. Мухутдинова А.А. Казань: Магариф, 1998. – 403 с.
5. Мухутдинов А.А., Шаяхметов Д.К., Борознов Н.И. О доминанте природы и человека в процессе эволюции человеческой цивилизации//Экология и промышленность России, 1997, № 2, с. 28–31.
6. Мухутдинов А.А., Мухутдинова Т.З. Отношение этносов и природы в условиях создания нефтяной промышленности Республики Татарстан// Экология и промышленность России, 1997, № 11, с. 4–6.
7. Ахметова Т.И., Мухутдинова Т.З., Мухутдинов А.А. Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды в районе расположения нефтехимических производств// Экология и промышленность России, 2001, № 2, с. 39–42.
8. Мухутдинова Т.З. Экономика природопользования: курс лекций / Т.З. Мухутдинова; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во Казан. нац. ис-след. технол. ун-та, 2013. – 520 с.
9. Мухутдинова Т.З. Автомобиль – не роскошь. Основа безопасной эксплуатации транспорта – экологическая культура населения //Вестник НЦБЖД, № 4 (10), 2011, С. 92–99.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОРБЦИОННУЮ ЕМКОСТЬ ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТИ ЛИСТОВОГО ОПАДА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ

Алексеева А.А., Степанова С.В., Прохорова С.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE SORPTION CAPACITY TO OIL LEAF LITTER DIFFERENT SPECIES OF TREES

Alekseeva A.A., Stepanova S.V., Prokhorova S.V.,
Kazan National Research technological University, Kazan

Аннотация

В ходе исследования изучена возможность использования листового опада в качестве сорбционного материала по отношению к нефти. Показано, что сорбционная емкость листового опада различных видов деревьев уменьшается пропорционально повышению температуры. Наибольшей поглощающей способностью по отношению к нефти обладает смешанный листовой опад.

Annotation

The study investigated the possibility of using leaf litter as sorption material in relation to the oil. It is shown that the adsorption capacity of leaf litter of different species of trees decreases in proportion to an increase in temperature. The greatest absorption capacity in relation to the oil has mixed leaf litter.

Среди многочисленных вредных веществ антропогенного происхождения, попадающих в окружающую среду, нефтепродуктам принадлежит одно из первых мест. Работа автотранспорта и предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, сточные воды промышленных предприятий, многочисленные разливы нефти и нефтепродуктов в результате аварий на нефтехранилищах и нефтеперегонных заводах приводят к загрязнению воды значительным количеством сырой нефти и продуктами ее переработки и создают серьезную угрозу экологии регионов России [1].

Нефть представляет собой сложную смесь веществ, из которых большая часть – жидкие углеводороды различного строения и гетероатомные органические соединения, а также металлорганические соединения, вода, минеральные соли и растворы солей органических кислот [2].

Неоспоримо, что загрязнения от разливов нефти наносят огромный ущерб не только флоре и фауне, но также людям. Среди методов, применяющихся для решения этой проблемы, наиболее перспективным и экологически целесообразным считается способ удаления пленки нефтепродуктов с помощью нефтяных сорбентов. Они должны соответствовать природоохранным требованиям. Они должны быть легко собираемыми, нетоксичными, легкоутилизируемыми и не наносящими вреда окружающей среде. К числу таких сорбентов, находящих все более широкое распространение, относят сорбенты из отходов растительного сырья: рисовую, гречневую, ячменную шелуху, скорлупу фруктовых косточек, кокосовых и миндальных орехов, шелуху лука, фруктовые корки, отходы переработки кукурузы, льняную костру и т.д. [3].

В качестве сорбционных материалов растительного происхождения можно использовать отходы от уборки городских территорий, а именно листовой опад. Наличие в его составе целлюлозы и лигнина позволяет изучить его использование в виде сорбента для нефтепродуктов.

В работе использовались опавшие листья от нескольких видов деревьев, наиболее часто встречающихся в нашем регионе: березы, тополя, дуба, клена а также смешанный листовой опад, состоящий из листьев: тополя – 46,9 %, липы – 27,9 %, березы – 15,7%, дуба – 1,9 %, прочих видов деревьев – 7,6 %.

Использование в исследовании смешанного листового опада объясняется тем, что смет, образующийся при уборке городских территорий, включает несколько видов деревьев.

Характеристики листового опада приведены в таблице 1: влажность, зольность, насыпная плотность, суммарный объем пор, которые определялись согласно методикам [4, 5].

Таблица 1.

Характеристики листового опада различных видов деревьев

Показатель	Вид листового опада				
	березовый	тополиный	дубовый	кленовый	смешанный
Влажность, %	9,98	13,41	10,06	11,01	10,01
Зольность, %	0,182	0,230	0,189	0,082	0,241
Суммарный объем пор по воде, $см^3/г$	5,34	4,17	9,681	8,139	7,58
Насыпная плотность, $г/см^3$	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08

В связи с тем что разливы нефти происходят при различных погодных и климатических условиях, необходимо учитывать сорбционную способность при различных температурах загрязнителя в воде. Для этого проводили следующий эксперимент: стакан с нефтью (200 мл) помещали в водяную баню при определенной температуре (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 °С), опускали навеску в него образец массой 1 г в латунном коробе и выдерживали 5 минут. Ранее было показано, что данное время является оптимальным для проведения процесса сорбции [6]. После адсорбент, насыщенный нефтью, взвешивали на лабораторных весах и по разнице масс определяли сорбционную емкость по отношению к нефти.

По полученным данным построили графики зависимости сорбционной емкости от температуры.

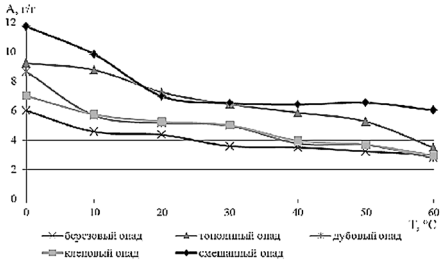


Рис. 1. Зависимость нефтеемкости различных видов листьев от температуры

Как видно из рисунка, сорбционные способности всех образцов уменьшаются пропорционально увеличению температуры. Это объясняется понижением вязкости нефти из-за увеличения межмолекулярных (атомных) расстояний, и как следствие, в поры сорбента проникает меньшее количество нефти. Наибольшую сорбционную емкость показывает смешанный листовой опад. Это можно объяснить тем, что совместное действие каждого вида материала взаимно усиливает их общий эффект, а также за счет протекающих адгезинно-когезионных процессов сорбционная емкость усиливается.

Таким образом, показана возможность использования листового опада в качестве сорбционного материала для удаления нефти с поверхности воды при различных температурных условиях среды.

Литература

1. Другов Ю.С. Экологический анализ при разливах нефти и нефтепродуктов / Другов Ю.С., Родин А.А. – С. – Пб., 2000. – 250 с.
2. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии. М.: Мир, 2006. 504 с.
3. Очистка производственных сточных вод / Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. – М.: Стройиздат., 1985. – 26 с.
4. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / Смирнов А.Д. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Лурье Ю.Ю. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
6. Алексеева А.А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды/Алексеева А.А., Степанова С.В.///Вестник Казан. технол. ун-та. – 2014. – № 22. – С. 304-306.

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ФТОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Кудашев С.В., Щуринова Д.А., Егоров А.А., Брежнев А.Г., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

ECOLOGICAL CHEMISTRY AND APPLIED ASPECTS OF ORGANIZATION RESOURCE-SAVING PRODUCTION OF FLUORINE-CONTAINING MATERIAL CRYSTALS WITH IMPROVED PROPERTIES

Kudashev S.V., Schurinova D.A., Egorov A.A., Brezhnev A.G., Arisova V.N., DanilenkoT.I. , Zheltobrukhov V.F.,
Volgograd State Technical University, Volgograd

Аннотация

Изучена модификация пленок полиэтилентерефталата полифторированными спиртами-теломерами, являющихся технологическими отходами производства 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1. Показан термостабилизирующий эффект от введения модификатора. Рассмотрены эколого-химические и прикладные возможности организации ресурсосберегающего производства модифицированных полиэфирных пленок.

Annotation

Studied the modification of polyethylene terephthalate films polyfluorinated alcohol-ti-telomeres, which are technological waste production 1,1,3-trihidroperfluoropropanol-1. Thermosta-bilizing shows the effect of the introduction of Modifikator. Considered eco-chemical and applied the possibility of organizing resource-saving production of modified polyester films.

Введение

Одним из возможных методов сокращения промышленных отходов является применение ресурсосберегающих технологий отдельных производств и замкнутых технологических циклов [1]. Традиционно в этом подходе выделяется несколько этапов (направлений): стратегия разбавления загрязнений, концевые технологии, вторичное использование отходов, стратегия создания «чистого» производства, внедрение замкнутых промышленных циклов и наилучшая из доступных (существующих) современных технологий (НИДСТ) [1–3]. Одной из количественных характеристик, определяющих возможности использования существующих направлений, является показатель экологичности технологии.

В широком смысле НИДСТ – технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов. В связи с чем разработка новых эффективных способов утилизации технологических отходов крупнотоннажной и среднетоннажной химии при организации ресурсосберегающих производств составляет важную инженерную эколого-химическую задачу.

Полифторированные спирты-теломеры $H(CF_2CF_2)nCH_2OH$ со степенью теломеризации n=2÷5 являются побочными продуктами промышленного производства 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1 (ПФС n=1), который является продуктом среднетоннажной химии и используется в качестве универсального растворителя при производстве деталей микросхем, материнских плат и микропроцессоров в компьютерной, вычислительной технике, а также микро- и наноэнергетике [4].

Общая схема промышленного синтеза 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1 и образования теломерных отходов имеет вид:

$$nCF_2{=}CF_2 + CH_3OH \rightarrow H(CF_2CF_2)nCH_2OH,$$

где n=1 – основной продукт промышленного производства; n=2÷5 – побочные продукты (технологические отходы производства, разделяемые методом вакуумной дистилляции).

Результаты исследований и их обсуждение

Нами были изучены особенности использования технологических отходов производства 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1 и их стабилизирующее влияние на термическую и термоокислительную устойчивость модифицированного полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Поверхностную модификацию пленок 5 % масс. ПФС n=2÷5 осуществляли растворным методом с использованием этанола при 40 °С в течение 2 ч. Далее модифицированную пленку сушили при 40 °С под вакуумом [5, 6].

Технологически обработка ПЭТФ спиртами-теломерами может быть осуществлена в реакционной ванне, как по периодической, так и непрерывной схеме с последующей ректификацией отработанного раствора модификатора в этаноле и подачей вновь (при соответствующем укреплении до заданной концентрации) в основной цикл, что особенно важно при организации ресурсосберегающего производства [1–3, 7–10].

Структурно-морфологические особенности модифицированной ПЭТФ-пленки изучали методами рентгеновской дифрактометрии (автоматизированный дифрактометр ДРОН-3, излучение CuKα (λ = 1,5418 А), Ni-фильтр), сканирующей электронной микроскопии в сочетании с микрорентгеноспектральным анализом (СЭМ, микроскоп Versa 3D DualBeam), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК, калориметр Mettler Toledo STARe SW 9.01), ИК Фурье-спектроскопии (спектрофотометр Nicolet-6700) и ИК Фурье-спектроскопии с многократно нарушенным полным внутренним отражением (МНПВО, спектрофотометр Perkin-Elmer). Навеска образцов для снятия кривых термогравиметрии и ДСК составляла 16–20 мг, скорость подъема температуры 10 °С·мин$^{-1}$. Обработка экспериментальных дифрактограмм проводилась с помощью программы Fit2D. За конечную величину степени кристалличности брали среднее арифметическое не менее трех измерений. Определение размеров кристаллитов осуществлялось с применением метода Шеррера.

Особенностью дифрактограмм модифицированного ПЭТФ является наличие рефлекса 2θ = 29,70, который отсутствует в образцах исходного полиэфира. По-видимому, данные изменения связаны с особенностями введения модификатора, что выражается в формировании областей с высокой степенью геометрической упорядоченности преимущественно в поверхностных горизонтах.

Степень кристалличности в объеме образца ПЭТФ-ПФС, рассчитанная по данным ИК Фурье-спектроскопии с использованием полос поглощения группы $-CH_2-$ (ножничные колебания: гош 1452,7 см$^{-1}$; транс 1471,0 см$^{-1}$) составила 44 %, а с использованием полос валентных колебаний связи С–О (гош 1042,3 см$^{-1}$; транс 973,6 см$^{-1}$) – 42 %. Анализ ИК Фурье-спектров пропускания МНПВО (глубина анализируемого слоя составляла ≈ 0,5 мкм) того же образца и тех же полос поглощения дает степень кристалличности 58 % и 55 % соответственно. Таким образом, в пленках ПЭТФ структура полимера на поверхности существенно отличается от его структуры в объеме. Следовательно, пленки ПЭТФ, модифицированные технологическими отходами, имеют структуру типа «ядро – оболочка», что должно оказывать существенное влияние на термическую устойчивость сложного полиэфира.

Данные ДСК показывают, что существенного изменения температур фазовых переходов (точнее их максимумов) при введении ПФС в полиэфир не наблюдается, однако анализ интервалов плавления (207,2–290,0 °С) и стеклования (71,4–96,8 °С) ПЭТФ указывает на их сдвиг в область более низких температур. Такой результат обусловлен совокупным влиянием ПФС на надмолекулярную структуру полиэфира, заключающимся в изменении сегментальной гибкости и подвижности кинетических элементов, степени кристалличности и ориентации структурных элементов (гликольных и ароматических) в пространстве.

Сопоставление данных термической стабильности исходного и модифицированного ПЭТФ позволило установить, что происходит сдвиг максимума основного разложения в об-

ласть более высоких температур (с 376 °С до 402 °С). На улучшение показателей термостабильности может влиять значительное осложнение для диффузии летучих продуктов разложения как прямого результата затрудненной проходимости, связанной с модифицированием сетки водородных связей молекулами ПФС и формированием более плотноупакованной структуры (особенно в поверхностных слоях).

Проведенный микрорентгеноспектральный анализ пленок позволил установить, что в поверхностном слое глубиной ~ 1 мкм содержится порядка 1,1–1,4 % масс. модификатора. Такой результат свидетельствует о хорошей проникающей способности ПФС в сложный полиэфир. Учитывая частично-кристаллический характер ПЭТФ, следует ожидать, что модифицированию подвергаются преимущественно менее упорядоченные и дефектные участки, характеризующиеся структурной неоднородностью аморфной фазы и различной плотностью упаковки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что модификация пленок полиэтилентерефталата технологическими отходами производства полифторированного спирта приводит к повышению термической и термоокислительной стабильности сложного полиэфира за счет структурной реорганизации его надмолекулярной структуры под влиянием вводимых модификаторов, обусловленной увеличением размеров кристаллитов и образованием более плотноупакованной структуры, а также уменьшением дефектности поверхности пленки.

Разработана и обоснована технологическая схема ресурсосберегающего производства полиэфира, модифицированного теломерными фторспиртовыми отходами. Осуществлены инженерные расчеты основных узлов технологического оборудования. Проведена эколого-экономическая оценка соответствующей технологии и обоснованы размеры санитарно-защитной зоны (по фактору вредных веществ и шуму) [9, 10].

Литература

1. Кудашев С.В. Полиэтилентерефталат: особенности модификации, структура и направления рециклинга: монография / Кудашев С.В., Желтобрюхов В.Ф., Даниленко Т.И. ВолгГ-ТУ. – Волгоград, 2014. – 148 с.
2. Кудашев С.В. Утилизация и вторичная переработка карбо- и гетероцепных полимеров: учеб. пособие / Кудашев С.В., Желтобрюхов В.Ф. ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – 43 с.
3. Кудашев С.В. Научно-методические подходы к рассмотрению проблем утилизации и вторичной переработки полимеров в рамках дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Экология» / Кудашев С.В., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф. // Известия ВолгГТУ. Серия «Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе». Вып. 11: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – № 14 (141). – С. 71–72.
4. Структурно-морфологические характеристики и свойства фторсодержащих поверхностно модифицированных плёнок полиэтилентерефталата / Кудашев С.В., Урманцев У.Р., Табаев Б.В., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2015. – Т. 51, № 1. – С. 73–78.
5. Влияние 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1 на свойства плёнок полиэтилентерефталата / Кудашев С.В., Урманцев У.Р., Табаев Б.В., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф., Дронова В.М., Шевченко К.Р., Барковская О.А. //Журнал прикладной химии, 2013. – Т. 86, вып. 6. – С. 972–978.
6. Модифицирующее влияние полифторированных спиртов-теломеров на термическую устойчивость плёнок полиэтилентерефталата / Кудашев С.В., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф. // Известия ВолгГТУ. Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов». Вып. 12: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – № 7 (134). – С. 101–106.
7. Кудашев С.В. Вредные вещества: основы гигиенического нормирования и защиты от их воздействия: учеб. пособие / Кудашев С.В., Желтобрюхов В.Ф.; ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 63 с.

8. Стабилизирующее влияние полифторированных спиртов на термическую и термоокислительную деструкцию полиэтилентерефталата / С.В. Кудашев, В.Н. Арисова, Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф., Тужиков О.О. //Химическая технология, 2014. – Т. 15, № 3. – С. 155–158.
9. Создание полимерных композиций на основе технологических отходов производства 1,1,3-тригидроперфторпропанола-1 и полиэтилентерефталата /Кудашев С.В., Арисова В.Н., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф. //Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: матер. VI всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., 24–25 окт. 2013 г. /Правительство Ярославской области, Гос. академия промышленного менеджмента им. Н.П. Пастухова. – Ярославль, 2013. – С. 371–373.
10. Использование технологических отходов при разработке фторсодержащих материалов с улучшенными свойствами и перспективы организации малоотходных производств / Кудашев С.В., Щуринова Д.А., Егоров А.А., Брежнев А.Г., Даниленко Т.И., Желтобрюхов В.Ф. // Комплексные проблемы техносферной безопасности: матер. междунар. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 12 нояб. 2014 г.) / РАН, ФГБОУ ВПО «Воронежский гос. техн. ун-т». – Воронеж, 2014. – Часть IV. – С. 155–160.

ВОПРОСЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Салиева Р.Н.,
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань

LEGISLATIVE SUPPORT IN THE FIELD OF EFFICIENT AND RATIONAL USE OF ENERGY RESOURCES

Salieva R.N.,
Institute of problems of ecology and use of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan

Аннотация

В целях обоснования предложений по развитию правового регулирования в области энергосбережения и рационального использования энергоресурсов проведен анализ законодательства и правоприменительной практики. В результате выявлены отдельные проблемы законодательного обеспечения в изучаемой сфере общественных отношений и предложены направления совершенствования законодательства.

Annotation

In order to justify the proposals for the development of legal regulation in the field of energy saving and rational use of energy resources analysis of legislation and law enforcement practice. In the result identified some problems of legislative support in the study field of public relations and directions of improvement of the legislation.

В статье 4 Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] установлено, что правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается, в частности, на таком принципе, как эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов. В Постановлении КМ РТ от 11 апреля 2003 г. № 199 «Об утверждении концепции эффективного использования ресурсов в Республике Татарстан» [2] определено, что «основными направлениями в области ресурсоэффективности являются:

– обоснованное использование возобновляемых и рациональное использование невозобновляемых природных ресурсов;

– снижение удельной ресурсоемкости продукции, работ и услуг;

– снижение загрязнения окружающей среды выбросами, сбросами и отходами;

– эффективное использование трудовых, интеллектуальных, информационных, административных и финансовых ресурсов».

В целях максимально эффективного использования природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций правительством принята Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [3]; а в целях формирования эффективной системы, стимулирующей и поддерживающей повышение энергетической эффективности, обеспечивающей снижение энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации, Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 321 утверждена государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» [4].

Необходимость активного поддержания деятельности, направленной на обеспечение энергосбережения и энергоэффективности, обусловлена высоким уровнем энергоемкости ВВП. В настоящее время уровень энергоемкости ВВП в государствах-участниках СНГ в 2–3 раза выше, чем в ведущих зарубежных странах. Экспертная оценка показывает, что потенциал энергосбережения государств-участников СНГ в настоящее время оценивается в 600–650 млн т условного топлива (т.у.т.), что составляет более половины годового энергопотребле-

ния государств Содружества. Из общего потенциала энергосбережения государств Содружества на отрасли топливно-энергетического комплекса и промышленности приходится примерно по одной трети, жилищно-коммунальное хозяйство – 20–25 %, транспорт – 7–8 %, сельское хозяйство – 6–7 % [5].

Важным средством обеспечения эффективности использования энергетических ресурсов является правовое регулирование отношений в сфере использования энергоресурсов, а также в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности. Например, если исходить из определения энергетической эффективности электроэнергетики как отношения поставленной потребителям электрической энергии к затраченной в этих целях энергии из невозобновляемых источников (ст. 3 Федерального закона от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об электроэнергетике»), то в конечном счете энергосбережение в сфере потребления электрической энергии должно приводить и к сбережению невозобновляемых (первичных) источников энергии (нефти, газа, угля).

Очевидно, что в соответствии с основным принципом эффективного и рационального использования энергетических ресурсов целесообразно сформировать законодательное обеспечение всех этапов производственно-хозяйственной деятельности в области поиска первичных энергоресурсов, а также добычи, переработки, транспортировки, хранения, реализации и их потребления. В целом анализ законодательства показал, что пока не создана системная нормативно-правовая основа, обеспечивающая эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов начиная с этапа поиска и добычи первичных энергоресурсов и до их реализации и потребления. На практике возникают в связи с этим спорные ситуации.

В целях построения системного законодательного обеспечения целесообразно было бы уточнить в законодательстве об энергоэффективности объект правового регулирования.

Например, в Модельном законе стран СНГ об энергосбережении определено, что объектами правового регулирования в области повышения эффективности использования энергетических ресурсов являются отношения при проведении энергосберегающей политики во всех отраслях экономики и непроизводственной (социальной) сфере, в том числе при:

– добыче, переработке, транспортировке, производстве, хранении и потреблении всех видов энергетических ресурсов, вторичных энергетических ресурсов;

– использовании возобновляемых источников энергии;

– проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на повышение эффективности использования энергетических ресурсов;

– осуществлении государственного контроля и надзора и надзора за использованием энергетических ресурсов;

– информационном обеспечении по проблемам энергосбережения, использовании новых источников энергии и видов топлива, средств измерения, регулирования и контроля за расходованием энергетических ресурсов [6].

Целесообразно также определить понятие «первичный энергетический ресурс». Термин «первичные источники энергии» пока не получил однозначного законодательного и доктринального определения. В вышеприведенных прогнозных экономических документах применяются термины «первичные энергетические ресурсы», «первичные топливно-энергетические ресурсы», при этом легальное определение не дается. В юридической литературе встречаются разные трактовки терминов «энергетические ресурсы», «топливно-энергетические ресурсы». Энергетические ресурсы определяются как все доступные для промышленного и бытового использования источники энергии: механической, гидравлической, тепловой, химической, электрической, ядерной, ветровой, солнечной [7]. В словаре «Правовой режим минеральных ресурсов» уточняется, что к энергетическим материалам и продуктам относятся те природные ресурсы, которые включены в Приложение ЕМ Договора к Энергетической хартии, где наряду с другими (руды и концентраты урановые или горные, уголь каменный и др.) называются газ природный, нефть и нефтепродукты [8]. В статье 1.2 Закона РФ «О недрах» энергетические и иные ресурсы называются объектами права собственности на недра и ресурсы недр. В Законе РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» содержится понятие «энергетический ресурс» [9]. Согласно ст. 2 названного закона энергетический ресурс – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая,

электромагнитная энергия или другой вид энергии). Данное определение охватывает все виды энергии: и первичные источники энергии, и виды энергии, полученные в результате использования первичных источников.

В целях повышения эффективности правового регулирования, видимо, целесообразно было бы определить основные понятия: невозобновляемые энергетические ресурсы, первичные энергетические ресурсы. В проекте Федерального закона № 104515-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред., принятая ГД ФС РФ в I чтении 15.03.2013) предлагается дополнить понятие «первичный энергетический ресурс», под которым понимается природный ресурс, используемый в качестве топлива (нефть, газ, уголь и т.д.), атомная энергия, энергия, полученная с использованием возобновляемых источников энергии» [10]. Можно определить первичный энергетический ресурс как часть природных ресурсов, используемых при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии.

В целом на основе принципа эффективного и рационального использования энергетических ресурсов необходимо создание системы взаимосвязанных и взаимосогласованных правовых норм, направленных на обеспечение рационального использования энергетических ресурсов на всех производственно-хозяйственных этапах.

Литература

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»// Собрание законодательства Российской Федерации от 30 ноября 2009 г. № 48. ст. 5711.
2. Постановление КМ РТ от 11 апреля 2003 г. № 199 «Об утверждении Концепции эффективного использования ресурсов в Республике Татарстан»// Сборник постановлений и распоряжений КМ РТ и нормативных актов республиканских органов исполнительной власти, № 9, май 2003 г.
3. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. 30.11.2009. № 48. ст. 5836.
4. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» // Собрание законодательства РФ. 05.05.2014. № 18 (часть III). ст. 2167.
5. Решение Экономического совета СНГ «Об Основных направлениях и принципах взаимодействия государств-участников Содружества Независимых Государств в области обеспечения энергоэффективности и энергосбережения» (Принято в г. Москве 11.03.2005) // СПС Консультант Плюс.
6. «Модельный закон об энергосбережении» (Принят в г. Санкт-Петербурге 08.12.1998 Постановлением 12-5 на 12-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ)// Информационный бюллетень. Межпарламентская Ассамблея государств-участников Содружества Независимых Государств. 1999. № 20. С. 84-97.
7. Термины и понятия отечественного недропользования (словарь-справочник)/ Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Минаков В.М., Морозов И.В. (Под ред. Яцкевича Б.А.)/ЗАО «Геоинформмарк». М., 2000. С. 150.
8. Правовой режим минеральных ресурсов. Словарь/ Под ред. Арбатова А.А., Аренса В.Ж., Вылегжанина А.Н., Тропко Л.А. – М.: ООО «Геоинформцент», 2002. С. 259.
9. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 25.12.2012, с изм. от 05.04.2013) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2013)// Собрание законодательства РФ», 30.11.2009, № 48, ст. 5711.
10. СПС Консультант Плюс.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАК ФАКТОР ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Гимранова А.Б.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

CLIMATE RESOURCES AS A FACTOR OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Perevedentsev Y.P., Shantalinsky K.M., Aukhadeev T.R., Gimranova A.B.,
Kazan Federal University, Kazan

Аннотация

Рассматриваются современные глобальные и региональные (Поволжье) изменения климата и их влияние на климатические ресурсы (солнечная и ветровая энергия, агроклиматические и биоклиматические показатели, отопительный период). Следствием потепления климата последних десятилетий явились рост запасов тепла и влаги, снижение ветроэнергетических ресурсов, увеличение продолжительности вегетационного периода и уменьшение продолжительности отопительного периода и др. на территории ПФО и Республики Татарстан.

Annotation

We consider the current global and regional (Volga) Change-of climate and its impact on climatic resources (solar and wind energy, agroklimaticheskie and bioclimatic indices, the heating season). The consequence of climate warming of recent decades were the growth stocks of heat and moisture, reducing of wind-resources, longer growing period and reducing the duration of the heat-ing period, et al. In the territory of the Republic of Tatarstan and the Volga Federal District.

Известно, что климатические ресурсы относятся к числу природных возобновляемых источников энергии (солнечная и ветровая энергия). Современные изменения климата в первую очередь отражаются на световом, тепловом и влажностном режиме различных регионов, что оказывает непосредственное влияние на состояние сельского и лесного хозяйства, биоклиматические показатели, характеристики отопительного периода и т.д.

В принятой в 2009 г. Климатической доктрине РФ подчеркивается необходимость адаптации регионов к меняющимся климатическим условиям в целях их устойчивого развития [2]. Следует отметить, что ряд климатических изменений имеет позитивные последствия, в частности, на территории России в последние десятилетия наблюдается сокращение отопительного периода (ОП) и повышение средней температуры за этот период.

В докладе будет представлен анализ изменения температуры воздуха и скорости ветра в период 1948–2013 гг. как на территории всего Северного полушария, так и Приволжского федерального округа, включающего территорию Республики Татарстан.

В качестве прикладных вопросов рассмотрены ветроэнергетический потенциал ПФО и динамика характеристик отопительного периода в Казани.

Ветроэнергетический потенциал Приволжского федерального округа

Вопросам оценки климатических ветроэнергоресурсов в различных странах мира уделяется достаточно большое внимание, особенно в странах Западной Европы, США, Японии. В России разработана энергетическая стратегия развития страны до 2030 г., где также уделено внимание развитию ветроэнергетики [1].

В исследовании рассматриваются ветроэнергетические ресурсы Приволжского федерального округа (ПФО) с использованием временных рядов срочных наблюдений за ветром на 183 равномерно покрывающих территорию округа станциях в период 1966–2011 гг., а также данных реанализа NCEP/NCAR в период 1948–2013 гг.

Для территории ПФО были произведены расчеты ветроэнергетических ресурсов на уровне флюгера (10 м) и на высотах 50, 100 и 150 м, для которых скорости ветра предварительно

рассчитывались по степенному закону. Выявлено, что наиболее благоприятные условия для развития ветроэнергетики формируются в центральной части ПФО и на юго-востоке региона. С ростом высоты происходит заметное усиление скорости ветра (скорость ветра на высоте 100 м в 1,5–1,7 раза превышает ее значение на высоте 10 м) и, следовательно, энергетической мощности ветрового потока, поскольку в расчетах используется куб скорости.

Рассматривается также целесообразность использования ВЭУ малой и очень малой мощности (от 0 до 99 кВт). Такие ВЭУ применяются для обеспечения энергоснабжения небольших домов и хозяйств.

В перспективных для применения маломощных ВЭУ регионах среднегодовая скорость ветра должна быть 4–6 м/с и более. При рассмотрении поля среднегодовых скоростей ветра на станциях ПФО выявлено, что на 87 % территории округа среднегодовые скорости ветра не превышают значения 4 м/с.

Годовой ход скорости ветра обнаруживает максимум скорости в зимний период и минимум в летний, когда циркуляционные факторы ослаблены. Так, в январе площадь территории ПФО на которой среднемесячное значение ветра превышает 4 м/с составляет около четверти. Таким образом, сезонное использование ВЭУ возможно и целесообразно в центральной части, юго-западе округа, а также на юго-востоке Оренбургской области (рис. 1).

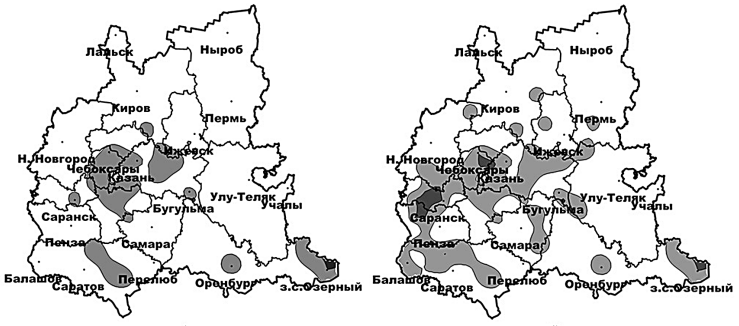


Рис. 1. Потенциальные районы (заштрихованы), пригодные для выработки электроэнергии с помощью ВЭУ: а – в среднем за год, б – январь

Большинство современных ветроагрегатов малой и средней мощности имеют стартовую скорость ветра ≥2 м/с, при которой начинают вырабатывать полезную электроэнергию. Использование данных срочных наблюдений позволяет рассчитать долю от общего времени, когда ротор ВЭУ будет вращаться и установка будет вырабатывать полезную электроэнергию, значения данного показателя приведены в табл. 1.

Таким образом, выявлено, что сезонное использование ВЭУ возможно и целесообразно в центральной части, на юго-западе округа, а также на юго-востоке Оренбургской области.

Характеристика отопительного периода г. Казани

Рассматривается динамика климатических характеристик отопительного периода в Казани в период 1966–2013 гг. с использованием ежедневных метеорологических наблюдений на станции Казань, университет. В результате статистических расчетов и анализа выявлено, что в рассматриваемый период суммы отрицательных температур отопительных сезонов, как и значения индекса потребления топлива, уменьшаются, в то же время наблюдается сокращение продолжительности отопительного периода и тенденция к росту среднесуточных температур воздуха. В целом отмечаемое современное потепление климата способствует уменьшению расходов ЖКХ на отопление помещений в холодный период года.

Таблица 1.

Доля полезного времени (%) работы ВЭУ для отдельных станций

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн
Лальск	53,8	54,3	57,0	55,8	61,1	57,1	52,3	51,8	54,6	64,5	60,6	58,7	56,8
Ныроб	80,6	79,3	81,9	81,8	82,5	80,0	73,7	75,0	78,8	85,5	82,9	79,9	80,2
Киров	84,3	82,0	81,2	80,0	79,3	72,7	67,2	69,8	74,3	83,8	84,2	84,6	78,6
Пермь	72,5	68,4	70,7	72,7	70,8	64,3	56,2	59,5	68,4	77,7	75,4	72,3	69,1
Ижевск	85,8	84,0	85,0	86,0	85,6	81,7	75,3	77,9	83,9	89,1	89,2	84,8	84,0
Н. Новгород	84,1	81,4	83,5	82,4	78,0	75,3	70,3	70,8	76,3	86,3	87,7	86,3	80,2
Чебоксары	91,8	91,8	91,9	91,7	90,7	87,9	84,7	87,5	91,1	94,4	94,9	92,7	90,9
Казань	75,2	73,9	71,3	73,7	71,4	67,1	61,7	63,7	67,5	76,3	77,8	74,2	71,1
Саранск	89,0	86,4	86,2	87,7	85,8	81,6	77,8	78,9	85,1	90,2	92,2	89,8	85,9
Ульяновск	89,3	86,5	87,1	86,8	86,0	79,9	80,3	80,7	83,8	88,6	88,3	89,6	85,6
Бугульма	86,5	86,8	86,4	88,0	87,5	82,2	78,5	80,5	84,6	89,9	89,7	86,0	85,6
Улу-Теляк	44,5	45,9	45,9	50,3	51,5	46,6	41,0	37,8	43,1	53,4	50,6	42,8	46,1
Учалы	48,1	50,6	52,5	61,3	64,4	60,3	54,6	52,7	56,8	63,8	57,3	47,8	55,8
Пенза	77,1	77,2	75,1	73,6	70,2	66,6	60,8	60,0	64,0	74,7	78,0	76,6	71,2
Самара	83,0	82,4	77,2	70,3	66,6	67,6	71,5	73,8	75,0	75,7	77,9	83,9	75,4
Балашов	85,4	84,8	84,0	84,0	77,6	73,9	70,3	71,5	74,2	81,6	85,2	85,4	79,8
Маркс	79,7	81,1	81,6	80,0	76,7	74,3	74,1	71,2	72,1	77,1	83,0	81,5	77,7
Перелюб	76,1	75,5	74,3	75,4	73,2	70,5	68,2	65,1	67,3	74,0	78,4	74,8	72,7
Оренбург	84,6	82,8	85,1	88,0	87,0	84,5	83,2	81,8	82,4	85,0	87,9	85,6	84,8
Озерный	79,9	82,1	80,7	83,7	86,0	84,6	83,4	80,8	79,7	82,2	83,3	80,2	82,2

Отопительным периодом принято называть холодную часть года, когда средняя суточная температура атмосферного воздуха устойчиво удерживается ниже +8 °С. В это время для поддержания нормальной температуры внутри жилых и производственных помещений необходимо их отапливать. При этом расходы на отопление составляют не менее 30–40 % общих расходов вырабатываемой тепловой энергии [3]. В качестве параметров, характеризующих ОП, рассматриваются его продолжительность и интенсивность, или индекс потребления (ИП) топлива, который является информативной характеристикой затрат энергии на обогрев помещений зимой.

В связи с современным потеплением климата на территории Северного полушария и в Поволжье заметно изменились характеристики температурного режима. В первую очередь следует отметить, что сумма отрицательных температур, рассчитанная для каждого отопительного сезона рассматриваемого периода, имеет тенденцию к уменьшению, что вполне естественно, т.к. в зимне-весенний период отмечаются наибольшие положительные тренды среднемесячных температур. Как видно из рис. 1, коэффициент наклона линейного тренда положительный и составляет примерно 6,7 °С/год, т.е. за 47 лет сумма отрицательных температур в среднем уменьшилась примерно на 300 °С. Это существенная величина, учитывая,

что в межгодовом плане эта сумма изменяется в диапазоне от -2000 °С (сезон 1968–69 гг.) до -700 °С (1988–89 гг.), а средняя многолетняя сумма составляет примерно -1500 °С.

Расчеты показывают также, что величина средней суточной температуры ОП (отрицательная) имеет тенденцию к повышению. При этом если в первую часть ОП (до 31 декабря) тенденция практически равна нулю, то во второй половине ОП (с 1 января) коэффициент наклона линейного тренда весьма заметен и, следовательно, потепление происходит за зимне-весенний период (рис. 2). Интересно отметить, что в последние годы температура воздуха заметно понизилась, что свидетельствует об увеличении суровости зим. Причиной этому стало усиление блокирующих антициклонов в январе – феврале, что в условиях отрицательного радиационного баланса и малооблачной погоды в ночные часы приводит к сильному выхолаживанию приземного слоя атмосферы.

Вся выборка поделена по десятилетиям: 1966–1976 гг., 1976–1986 гг., 1986–1996 гг., 1996–2006 гг. и 2006–2013 гг. (7 сезонов), что позволяет проследить, как изменяются параметры ОП в условиях изменяющегося климата (с 1970-х годов отмечается фаза активного потепления климата). Действительно, средняя продолжительность ОП 2-х первых декад несколько больше, чем более поздних, а индекс потребления топлива устойчиво уменьшается, что особенно заметно в заключительный период 1966–2013 гг., выявляется тенденция сокращения ОП за счет уменьшения его продолжительности в осенне-зимний период.

Согласно оценкам, к концу XXI века ожидается существенное сокращение продолжительности отопительного периода в центральной части Европейской территории России до 20–25 дней [4].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-05-06349).

Литература

1. Иванова Л.А., Надежина Е.Д., Стернзат А.В., Шкляревич О.Б. Использование модели атмосферного пограничного слоя для расчета ветровых характеристик и оценки ветровых ресурсов// Метеорология и гидрология. 1997. № 6. С. 43–50.
2. Климатическая доктрина Российской Федерации. Москва, 2009. – 20 с.
3. Исаева А.А., Шерстюков Б.Г. Колебания климатических характеристик отопительного периода и оценка возможностей их сверхдолгосрочного прогноза (на примере Москвы) // Вестник МГУ. Сер. 5, география. 1996, № 2. – С. 68–75.
4. Кобышева Н.В., Клюева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н. Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем. Метеорология и климатология, 2004, № 8. – С. 46–52.

АНТРОПОГЕННЫЙ ШУМ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ANTHROPOGENIC NOISE AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В статье представлены принципы нормирования антропогенного шума при выполнении различных видов работы, в том числе с учетом времени экспозиции. Приведены применяемые расчетные формулы для определения уровня звука в расчетной точке на территории и в помещениях защищаемого от шума объекта.

Annotation

The paper presents the principles of valuation of anthropogenic noise in the performance of different types of work, including taking into account the exposure time. Shows the calculation formulas used to determine the level of sound in the design point in the territory and in premises protected from the noise of the object.

С введением в действие ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» вступило в действие нормативное значение эквивалентного уровня звука 80 дБА. В действующих санитарных нормах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» уровень в 80 дБА сохранился.

В данном нормативном акте регламентируются пороговые уровни шума, учитывающие:

– при выполнении работы, требующей сосредоточенности, – не более 60 дБА;

– при выполнении творческой деятельности, – не более 50 дБА;

– сон в ночное время – не более 45 дБА (в жилых помещениях); не более 40 дБА (в больничных палатах).

Пороговые уровни звукового давления рекомендуется использовать для расчета суточной дозы шума (ДШсут) применительно к трем основным видам жизнедеятельности человека: работа – 80 дБА, отдых – 60 дБА, сон – 40 дБА при продолжительности 8 ч. для каждого периода [1].

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах зависят от категории тяжести и напряженности труда (представлены в табл. 1).

Примечания:

1. Для тонального и импульсного шума ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в табл. 2.

2. Для шума, создаваемого в помещениях системами вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления – ПДУ на 5 дБА меньше фактического значения, если последние не превышают значений табл. 2 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается).

Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» наряду с уровнями звукового давления в октавных полосах и эквивалентными уровнями звука предусмотрен максимальный уровень звукового давления LAmax.

Существует два вида нормирования антропогенного шума: гигиеническое и техническое.

Гигиеническое нормирование – минимизация уровня шума, воздействующего на человека; цель – исключение шумовой болезни, обоснование допустимых уровней и профилактических гигиенических мероприятий.

Таблица 1.

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, дБА

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	–	–	–
Напряженный труд 2 степени	50	50	–	–	–

Техническое нормирование – минимизация интенсивности излучения источников шума; цель – проектирование технических устройств, помещений с параметрами допустимых уровней шума в условиях эксплуатации.

При нормировании и разработке мер по снижению уровня воздействия шума учитывают такие критерии, как иммисия, эмиссия и экспозиция шума.

Эмиссия характеризует машины как источники шума, иммиссия описывает общее (суммарное) шумовое воздействие на рабочем месте, а экспозиция шума – воздействие шума на организм человека.

Иммиссию оценивают на данном рабочем месте в течение интервала времени, характеризующего суточную (или недельную) работу на данном рабочем месте.

Значения экспозиции шума для человека, работающего на одном рабочем месте, равны значениям иммиссии шума на этом рабочем месте.

Примечание.

В Российской Федерации предельно допустимые нормы для экспозиции шума на рабочих местах не установлены.

Международным стандартом ISO 1999:1975 (1975 г.) были установлены следующие ПДУ шума в производственных условиях при различном времени воздействия (табл. 2):

Таблица 2.

ПДУ шума для производства при различном времени экспозиции

ПДУ, дБА	Время воздействия, мин.	ПДУ, дБА	Время воздействия, мин.
90	> 120	110	< 16
95	< 120	115	< 12
100	< 50	120	< 8
105	v 36	125	< 1

Был определен допустимый риск развития тугоухости: при 90 дБА в течение 5 лет риск составлял 4 %, в течение 15 лет – 14 %, 35 лет – 20 %; а при 85 дБА он был соответственно 1; 5 и 9 %. То есть социально приемлемым критерием был признан уровень шума в 90 дБА.

В стандарте ISO 1999:1990 был рекомендован в качестве нормативного уровня шум в 85 дБА и дан прогноз потерь слуха не только в связи с различными частотами, уровнем и

длительностью воздействия шума, но и в зависимости от пола и возраста людей. Однако известна категория людей, у которых потеря слуха наблюдается и при уровне около 75 дБА.

В зарубежных нормативах существует 4 ПДУ шума:

– 90 дБА – в Китае (для старых производств), США (промышленность и морские суда), Уругвае;

– 85 дБА – в Австралии, Бразилии, Израиле, Новой Зеландии, США (армия), Китае (новые производства), Чили, Финляндии, Венгрии, Франции, Великобритании, Германии, Италии, Норвегии;

– 80 дБА – рекомендован для стран ЕС;

– 75 дБА – для промышленных предприятий Швеции.

В международном стандарте ИСО 4871 вводятся также уровни звука излучения А и С, создаваемые источником шума на рабочем месте и в других заданных точках. Методы определения уровня звука излучения А установлены в серии стандартов ИСО 11200 и ГОСТ 30683 (ИСО 11204).

Нормативные требования по уровням шума в жилых и общественных зданиях установлены для различных категорий:

категория А – обеспечение высококомфортных условий;

категория Б – обеспечение комфортных условий;

категория В – обеспечение предельно допустимых условий.

Категорию здания устанавливают техническим заданием на проектирование.

К гостиницам категории А относятся гостиницы, имеющие по международной классификации четыре и пять звезд, к категории Б – три звезды, к категории В – менее трех звезд.

Шумовыми характеристиками источников шума внутри групп жилых домов являются эквивалентные уровни звука LАэкв, дБА, на расстоянии 7,5 м от границ источников шума, определяемые по соответствующей табл. СНиП II-12-77 «Строительные нормы и правила. Защита от шума».

Уровень звука LАтер, дБА, в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта можно определять по формуле:

$$LАтер=LАэкв - LАрас - \Delta LАэкр - \Delta LАзел, \quad (1)$$

где LАэкв – шумовая характеристика источника шума, дБА; LАрас – снижение уровня звука, дБА, в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой; ΔLАэкр – снижение уровня звука экранами на пути распространения звука, дБА; ΔLАзел – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБА.

Уровень звука LАпом, дБА, в расчетной точке в помещениях защищаемого от шума объекта можно определить по формуле:

$$LАпом = LАтер2 - \Delta LАок, \quad (2)$$

где LАтер2 – уровень звука в 2 м от ограждающих конструкций защищаемого от шума объекта, дБА, определяемый по формуле (1) без учета снижения уровня звука полосами зеленых насаждений; LАок – снижение уровня звука конструкцией окна защищаемого от шума объекта, дБА, определяемое по табл. 3.

Примечание: а – окно без уплотняющих прокладок; б – окно с уплотняющими прокладками из пенополиуретана.

Требуемое снижение уровней звука в расчетной точке Δ LA.тр. тэр или Δ LАтр.пом, дБА, на территории или в помещениях защищаемого от шума объекта следует определять по формулам:

$$\Delta LA.тр. тэр = LA.тэр - LA.экв. доп., \quad (3)$$

$$\Delta LA.тр. пом = LA.пом - LA.экв. доп., \quad (4)$$

где LA.экв. доп. – допустимый уровень звука, дБА, на территории или в помещениях защищаемого от шума объекта. Величины LA.тэр и LA.пом те же, что в формулах (1) и (2).

Современные передовые предприятия по производству автомобилей на борьбу с шумом расходуют более 12 % от стоимости автомобиля. Поэтому шум в «Мерседесе» не превышает

Таблица 3.

Снижения уровня звука в зависимости от конструкции окна

Конструкция окна	Толщина стекла, мм	Размер воздушного промежутка между стеклами, мм	Значение ΔLAок, дБ	
			а	б
Одинарное окно	3 6	– –	18 21	20 24
Спаренное окно (по ГОСТ 11214-86	3 и 3 6 и 3 6 и 4	57 57 57	22 26 27	24 28 29
Раздельно-сближенное окно	3 и 3 6 и 4	90 90	24 28	26 30
Раздельное окно (по ГОСТ 11214-86)	6 и 3	120	30	32

35 дБ, в то время как в «Запорожце» шум составлял 85 дБ, т. е. больше, чем допустимый шум в производственных помещениях.

Международный стандарт ИСО 5130 регламентирует метод измерений шума на неподвижном автомобиле.

Литература

1. Гигиенические нормативы. Физические факторы окружающей и производственной среды/ Ахметзянов И.М., Гребеньков С.В., Ломов О.П., Терентьев Л.П., Петров И.В.; Под ред. О.П.Ломова. – СПб.: НПО «Профессионал», 2011. – 796 с.
2. Кирсанов В.В. Основы промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов: Монография. Казань: Изд-во Казан. гос.техн. ун-та, 2011. 480 с.
3. Кирсанов В.В. К вопросу о систематизации и конкретизации профилактической работы по повышению уровня промышленной безопасности предприятий нефтехимического комплекса// Вестник Казанского технологического университета: Т. 16, № 24, 2013. – С. 138–142.

К ВОПРОСУ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕРНИСТЫХ НЕФТЕЙ

Сираева И.Н., Низамутдинова Н.Р.,
государственное бюджетное учреждение Республики Башкортостан
Управление государственного аналитического контроля,
Сафаров А.М.,
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

THE QUESTION PREVENT ENVIONMENTAL CONSEQUENCES OF PROCESSING SOUR CRUDE

Siraeva I.N., Nizamutdinova N.R.,
Gosudarstvennoe budgetary institution of the Republic of Bashkortostan, Office of the State of analytical control,
Safarov A.M.,
FGBOU VPO «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa

Аннотация

Рассмотрены вопросы предотвращения экологических последствий переработки сернистых соединений, методы выделения сернистых соединений нефти, гидроочистки нефтяных фракций, экстракции тяжелых сероорганических молекул, строение и свойства основных сернистых соединений нефти.

Annotation

The problems of preventing environmental impacts of processing sulfur compounds, methods for isolation of sulfur compounds oil hydrotreating of petroleum fractions, extraction of heavy organic sulfur molecules, structure and properties of the basic oil sulfur compounds are reviewed.

Переработка нефти и газа занимает центральное место в современном топливно-энергетическом комплексе. Однако природные газы и нефти различных месторождений содержат сернистые соединения в широких пределах – от 0,1 до 8–10 %. Редко, но встречаются нефти, в которых массовая доля серы превышает 10 %. Например, нефть некоторых месторождений Западной Сибири содержит 9–14 % серы, что превышает суммарное содержание всех остальных гетероатомов [1].

О количестве сернистых соединений в нефтях судят по результатам определения общего содержания серы, выраженного в процентах. Такой анализ является косвенным и не дает точного представления о содержании, распределении по фракциям и молекулярной структуре сернистых соединений в нефтях [2]. Ориентировочно можно принять, что количество серосодержащих соединений в нефти в 10...12 раз превышает количество серы, определенной по анализу. Очевидно, для низкокипящих фракций этот коэффициент несколько ниже, а для высокомолекулярных остатков может доходить до 15. Сера является наиболее распространенным гетероэлементом в нефтях и нефтепродуктах. Содержание ее в нефтях колеблется от сотых долей до 5...6 % мас., реже до 14 % мас. Низким содержанием серы характеризуются нефти следующих месторождений: Озексуатское (0,1 %), Сураханское (Баку, ≈ 0,05 %), Доссорское (Эмба, ≈ 0,15 %), Бориславское (Украина, 0,24 %), Узеньское (Мангышлак, 0,25 %), Котур-Тепе (Туркмения, 0,27 %), Речицкое (Белоруссия, 0,32 %) и Сахалинское (0,33...0,5 %). Богаты серосодержащими соединениями нефти Урало-Поволжья и Сибири: количество серы в Арланской нефти достигает до 3,0 % мас., а в Усть-Балыкской – до 1,8 % масс. Из зарубежных наиболее высоким содержанием серы отличаются нефти: Албанская (5...6 % мас.), месторождения Эбано-Пануко (Мексика, 5,4 % мас.), Роузл Пойнт (США – до 14 % мас.) [3].

Современные требования к качеству товарных нефтепродуктов (топлива, масла и др.) обуславливают необходимость глубокой очистки сырья и углеводородных фракций от сер-

нистых соединений. В результате этих процессов образуется элементарная сера, хотя в ряде случаев при использовании экстракционных технологий можно выделять концентраты серосодержащих соединений, которые представляют практический интерес и имеют квалифицированное применение. Из вышесказанного следует, что проблемы переработки нефтей с высоким содержанием сернистых соединений представляют постоянный интерес и требуют обобщения материала.

В последнее время в связи с ростом процессов глубокой переработки нефти, а также с расширением использования нефтей, богатых неуглеродородными компонентами, все большее значение приобретает решение проблем, связанных с присутствием гетероорганических соединений в углеводородном сырье. Эти компоненты значительно осложняют технологию переработки, снижают срок действия и селективность катализаторов, ухудшают эксплуатационные характеристики получаемых продуктов. Гетероорганические соединения ответственны за образование и стабилизацию водонефтяных эмульсий при транспортировке нефти от скважины до завода. Изучение и анализ неуглеводородных компонентов помогает понять природу происхождения нефти и знать о распределении в залежах нефтей определенных качеств, что имеет не только научно-теоретическое, но и большое практическое значение. Кроме этого, следует учесть, что существенная часть этих компонентов сжигается в составе топлив и в результате в атмосферу выбрасываются оксиды серы, азота, металлов, а это наносит непоправимый вред окружающей среде. Следует также добавить, что по строению и составу некоторые гетероорганические соединения уникальны, поэтому сжигать такие топлива абсолютно нецелесообразно, поскольку уничтожается ценнейшее химическое сырье.

Отсюда однозначно вытекает, что такие компоненты необходимо извлекать и использовать в различных областях химии и химической технологии. Способы и направления их использования требуют подробной технологической разработки. Особое место среди гетероорганических соединений занимают сернистые соединения: сульфиды, дисульфиды, тиофены, меркаптаны, сероводород и другие. Извлечение этих серосодержащих компонентов в чистом виде почти невозможно и практически не реализуется. Современные способы очистки нефтепродуктов основываются на разрушении этих сернистых соединений водородом под воздействием высоких температур и катализаторов (гидроочистка). В результате этих процессов сероорганика превращается в сероводород, поэтому очистка как природных и попутных газов, так и нефтяных фракций в конечном счете заключается в выделении и окислении сероводорода до элементарной серы (метод Клауса) [4, 5].

В связи с этим в настоящее время является своевременным и целесообразным рассмотрение и обобщение информации о серосодержащих соединениях нефтей и нефтяных фракций, а также методах очистки от них.

Литература

1. Большаков Г.Ф. Сераорганические соединения нефти. – Новосибирск: Наука, 1986. – 212 с.
2. Ляпина Н. К. Химия и физикохимия сероорганических соединений нефтяных дистиллятов. – М.: Наука, 1984. – 120 с.
3. Сираева И.Н., Гимаев Р.Н. Сера и ее производные в нефтях Башкортостана. Нефтепереработка и нефтехимия. М.: ЦНИИТЭнефтехим – 2001. – № 5. – С. 26–30.
4. Сираева И.Н., Ляпина Н.К. Выделение и переработка сераорганических соединений из нефтей Урало-Поволжского региона. История науки и техники. – 2010. – № 12, спец. выпуск № 4. – С. 107–109.
5. Сираева И.Н. Особенности переработки сернистых нефтей. Нефтегазовое дело. 2011. – № 5. – С. 318–322.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ОПТИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Афанасьев А.Ю., Берёзов Н.А., Макаров А.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

POWER PLANT WITH OPTIMUM USE OF WIND ENERGY

Afanasiev A.Yu., Berezov N.A., Makarov A.V.,
Federal State Government-Funded Educational Institution of Higer Professional Education Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev, Kazan

Аннотация

Настоящая статья посвящена описанию функциональной схемы и принципов управления энергетической установкой, имеющей несколько ветродвигателей с мультипликаторами, синхронными генераторами, выпрямителями и конверторами, работающей на трехфазную электрическую сеть, питающуюся от тепловой или гидроэлектростанции большой мощности. Используется совместная оптимизация по углу закрутки лопастей и частоте вращения ветродвигателей, при которых вырабатывается максимальная мощность.

Annotation

This article describes the functional diagram and principles of management power plant, which has several wind turbines with multipliers, synchronous generators, rectifiers and converters, working on a three-phase electric power grid feeding from thermal or hydroelectric station of large power. Used joint optimization of blades angle and rotation speed of wind turbines at which maximum power is produced.

В связи с истощением невозобновляемых природных энергетических ресурсов и с экологическими проблемами, возникающими при сжигании углеводородного топлива, возрастает потребность в альтернативных источниках энергии. Стоимость создания и эксплуатации ветроустановок сравнительно велика. Поэтому большое значение имеет эксплуатация таких объектов с максимальной эффективностью.

На рис. 1 показана функциональная схема энергетической установки.

Здесь обозначено: $ВД_1$ – ВДn – ветродвигатели; $СГ_1$ – СГn – синхронные генераторы; $В_1$ – Вn – выпрямители с фильтрами; $К_1$ – Кn – конверторы; ДС – датчик скорости ветра; $ВУ_1$ – ВУn – вычислительные устройства; $РТ_1$ – РТn – регуляторы тока; С – накопительный конденсатор; ИЧ – инвертор частоты; А, В, С – трехфазная сеть.

Энергетическая установка работает следующим образом. Ветер, имеющий скорость vk, воздействует на ветродвигатель ВДk. Его выходной вал через мультипликатор механически соединен с валом синхронного генератора СГk с возбуждением от постоянных магнитов. На выходных зажимах генератора вырабатывается трехфазная система напряжений, которые выпрямляются с помощью шестифазного выпрямителя Вk, имеющего фильтр низкой частоты. Его выходное напряжение поступает на конвертор Кk.

Датчик скорости ДСk вырабатывает сигнал, пропорциональный скорости ветра vk. Вычислительное устройство ВУk вырабатывает сигнал, пропорциональный току iko, при котором выходная мощность агрегата ветродвигатель-генератор максимальна. Регулятор тока РТk вырабатывает широтно-модулированные импульсы с относительной длительностью γk и имеет на выходе ток $ik \approx iko$.

Токи i_1 – in заряжают накопительный конденсатор С, зажимы которого подключены к инвертору частоты ИЧ. Регулятор напряжения РН вырабатывает широтно-модулированные импульсы с относительной длительностью λ_3 и поддерживает напряжение на

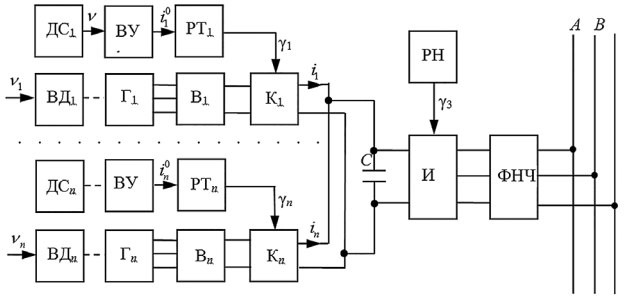


Рис. 1. Функциональная схема энергетической установки

конденсаторе С, равное требуемому значению U_0, благодаря регулированию тока, потребляемого от конденсатора инвертором частоты.

Инвертор частоты ИЧ формирует на выходных зажимах трехфазную систему напряжений, которые через трехфазный фильтр низкой частоты ФНЧ подаются на трехфазную сеть с фазами А, В, С. Эти напряжения добавляют в сеть электрическую энергию, а также могут использоваться для повышения коэффициента мощности при активно-индуктивной нагрузке с помощью опережающего по фазе тока.

Рассмотрим задачу получения максимальной мощности на выходных зажимах генератора при заданной скорости ветра v_1 и заданном законе b(r).

Сначала положим, что частота вращения винта ω выбрана. Примем для коэффициентов профиля винта аппроксимацию:

$$\begin{aligned} c_x(\alpha) &= a_2\alpha^2 + a_1\alpha + a_0; \\ c_y(\alpha) &= b_2\alpha^2 + b_1\alpha + b_0. \end{aligned} \tag{1}$$

В работе [1] установлено, что для получения максимальной мощности при любом радиусе r оптимальный угол атаки:

$$\alpha = \frac{b_1 \mathrm{tg}\gamma - a_1}{2(a_2 - b_2 \mathrm{tg}\gamma)}, \tag{2}$$

где γ – результирующий угол скорости $\bar{v}$.

При фиксированной частоте вращения винта электромагнитный момент синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов определяется равенством:

$$M_э = iM_в - c_0 - c_1\omega_г - c_2\omega_г^2. \tag{3}$$

Здесь c_0 – момент сухого трения и эквивалентный момент потерь в стали генератора на гистерезис; $c_1\,\omega_г$ – момент вязкого трения и эквивалентный момент потерь в стали генератора на вихревые токи; $c_1\,\omega_г^2$ – вентиляторный момент.

Электрическая мощность на выходных зажимах генератора определяется формулой:

$$P_2 = \omega_г M_э - 3RI^2. \tag{4}$$

Здесь R – активное сопротивление фазы обмотки статора; I – действующее значение фазного тока.

Электромагнитный момент синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов определяется формулой:

$$M_э = c_а \Phi I \sin\theta + c_р I^2 \sin 2\theta. \tag{5}$$

Здесь Ф – основной магнитный поток, созданный ротором-индуктором; I – действующее значение тока обмотки якоря (статора); θ – угол между осью МДС обмотки якоря и продольной осью ротора-индуктора; c_a, c_p – конструктивные коэффициенты активного Ма и реактивного Мр моментов.

Согласно работе [2] минимальная мощность Джоулевых потерь в обмотке синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов при оптимальном угле θ определяется формулой аппроксимации:

$$P_{\text{э}} = 3RI^2 = k_2 M_{\text{э}}^2 - k_3 M_{\text{э}}^3. \quad (6)$$

Теперь зададимся скоростью ветра v_1 = const и проведем оптимизацию мощности на выходе генератора P_2 по частоте вращения винта ω. При каждой частоте вращения ω проводится интегрирование согласно равенству (1), при этом угол атаки на каждом радиусе r вычисляется по формуле (2).

Была составлена программа в системе Turbo-Pascal. Зависимости момента М и мощности Р от частоты вращения ω для скоростей ветра 4 м/с, 6 м/с, ..., 12 м/с приведены на рис. 1. Видно, что эти зависимости имеют явно выраженный максимум, причем он достигается при частоте вращения, пропорциональной скорости ветра. Максимальное значение мощности пропорционально третьей степени скорости ветра, что следует из классической теории ветродвигателей.

На рис. 2 показана зависимость момента на валу винта М в масштабе 2, мощности на валу ветродвигателя Рв в масштабе 0 и электрической мощности на выходных зажимах генератора P_2 от частоты вращения ω при значениях скорости ветра v1 = 4, 6, ..., 12 м/с.

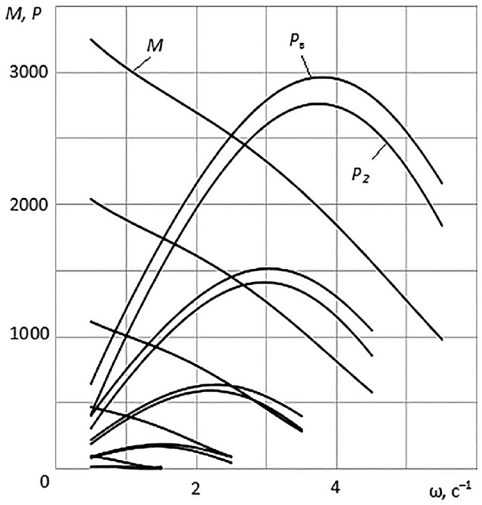


Рис. 2. Зависимости момента М и мощностей Рв, Р2 от частоты вращения ω

На рис. 3 показана зависимость мощности на валу ветродвигателя Рв, мощности на валу ветродвигателя за вычетом потерь мощности P_0 на трение в подшипниках и гистерезис, мощности на валу ветродвигателя за вычетом минимальной мощности Джоулевых потерь Рэ, электрической мощности на выходных зажимах генератора P_2 от частоты вращения ω.

Предлагаемая энергетическая установка позволяет максимально использовать энергию ветра для разгрузки основного производителя электроэнергии и для экономии углеводородного топлива.

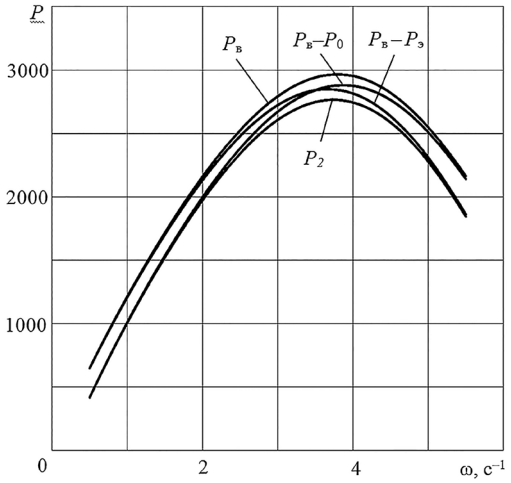


Рис. 3. Зависимости мощностей Рв, Рв-Р0, Рв - Рэ и Р2 от частоты вращения ω

Литература

1. Афанасьев А.Ю., Макаров А.В., Березов Н.А. Энергетическая установка с оптимальным использованием энергии ветра и солнца. – Энергетика: эффективность, надежность безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции / Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014. Т. I. С. 31–36.
2. Завгороднев М.Ю., Милосердов В.Ф., Афанасьев А.Ю. Оптимальное управление токами синхронного двигателя // Труды XII Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 2011 / Казань: «Центр Оперативной Печати», 2011. – С. 305–309.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ И ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

Валеева С.Е.,
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань,
Успенский Б.В.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF NATURAL BITUMEN AND HIGH OILS DEVELOPMENT

Valeeva S.E.,
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
Uspensky B.V.,
Kazan Federal University, Kazan

Аннотация

Разработка месторождений высоковязких нефтей и природных битумов вносит дисбаланс в существующую на этой территории эколого-экономическую обстановку. Для снижения негативного эффекта необходимо знать о возможных путях поступления загрязняющих веществ и применять технологии для предотвращения загрязнения. В статье рассмотрено влияние технологии разработки на окружающую среду и предложены методы по уменьшению вредного воздействия.

Annotation

Development of heavy oil and natural bitumen fields introduces an imbalance in the current in the area of ecological and economic environment. To reduce the negative effects should be aware of possible ways of pollutants and use of technology to prevent contamination. The paper considers the impact of technology development on the environment and propose methods to reduce adverse effects.

Влияние залежей природных битумов на эколого-экономическую обстановку территории расположения залежей и месторождений длительное время практически не учитывалось. Но фактически разработка месторождения высоковязких нефтей и природных битумов оказывает негативный эффект на окружающую среду в целом. Затрагиваются практически все оболочки земли: литосфера, гидросфера, педосфера и атмосфера. Загрязнение каждой из них в отдельности неразрывно ведет к загрязнению соседствующих с ней сфер, что в целом пагубно влияет на состояние окружающей среды.

Рассмотрим подробнее, как же залегающие на глубинах до 400 м природные битумы могут влиять на экологическую обстановку района их разработки. Начнем с того, что залежи битумов в Республике Татарстан расположены на высокоосвоенных территориях, т.е. на территориях с высокой плотностью населения, на землях как вовлеченных в сельское хозяйство, так и содержащих природные объекты, формирующие ландшафт территории: леса со своим растительным и животным миром, реки и озера.

Рассмотрим последствия разработки месторождений битумов для каждой из геосред в отдельности. Залежи битумов сопровождаются газовыми шапками или содержат растворенный газ. При вскрытии залежей и уменьшении давления углеводородные газы выходят на поверхность, обогащая собой в том числе и подземные воды водоносных горизонтов. Таким образом лишь при вскрытии залежи мы получаем загрязнение двух сред – водной и воздушной. Уже первый от покрышки водоносный горизонт в известняках мощностью 5–7 м в естественных условиях обнаруживает в пределах битумных залежей их следы. На Ашальчинской битумной залежи этот водоносный горизонт содержит сероводород до

10 мг/л, вода имеет повышенную минерализацию. В то же время данный горизонт за пределами месторождений широко эксплуатируется водозаборными скважинами и в родниках для питьевых целей.

Решением проблемы загрязнения подземных вод при бурении являются изоляция и разобщение водоносных горизонтов. Они осуществляются двумя путями: ликвидацией уходов и поглощений промывочной жидкости непосредственно в процессе бурения скважин; изоляцией вскрытых водоносных пластов обсадкой труб. В первом случае все водоносные пласты по мере их вскрытия изолируются цементными или глинистыми растворами с добавлением наполнителей или реагентов, повышающих вязкость растворов. Во втором случае после ликвидации поглощений или фонтанов ствол скважины закрепляется трубами с последующей заливкой затрубного пространства цементным раствором. Наличие цемента за трубами, герметичность и качество цементажа проверяется каротажами ГГК, СГДТ и АКЦ, термометрией.

При разработке залежей высоковязких нефтей и природных битумов возникают следующие проблемы. Применяемые методы внутрипластового горения и паротеплового воздействия вызывают целый ряд химических реакций (термоокисление, термокатализ, гидрогенизацию и т.д.), ведущих к глубоким преобразованиям исходного органического вещества. По этой причине в пластовых и закачиваемых водах появляются альдегиды, ацетон, ароматические углеводороды, спирты, в том числе весьма токсичный метанол.

Под воздействием паротепловых методов и внутрипластового горения терригенные коллектора и перекрывающие их глинистые покрышки, отделяющие битумовмещающие толщи от пресных водоносных горизонтов, метаморфизируются с изменением плотности, пористости и проницаемости пород. Вместе с вышеописанными процессами происходит выделение газообразных продуктов CO_2, SO_2, H_2S и др. Насыщаясь кислыми компонентами, подземные воды обладают повышенной растворяющей и миграционной способностью. При этом происходит разложение алюмосиликатов с образованием ионов HCO_3^-, Na^+, K^+, Ca^{2+}, окисление сульфидов, рассеянных в породе, и ионов SO_4^{2-}, Fe^{2+} и H_2S; растворение известняка кислотой и сернистыми газами. В конечном итоге минерализация пластовых вод возрастает в несколько раз, увеличивается их кислотность (на 4–6 единиц pH) и коррозионная активность.

Для оценки воздействия на водные объекты необходимо определить химический состав вод родников, рек, ручьев, других водоемов и сравнить концентрации содержащихся в водах веществ с ПДК для вод хозяйственного, питьевого и рыбо-хозяйственного назначения. Отбор проб воды из рек и ручьев рекомендуется производить в местах входа на территорию залежи и выхода из ее пределов. На территории месторождения или залежи рекомендуется создать пост для ежеквартального контроля.

Загрязнение воздуха при добыче тяжелых нефтей и природных битумов происходит при использовании тепловых методов добычи. Например, на Мордово-Кармальской залежи чтобы добыть 1 т высоковязкой нефти методом площадного внутрипластового горения, необходимо израсходовать для закачки в пласт 5,2 тыс. $м^3$/т чистого воздуха. Для разработки этим методом 355,8 млн т высоковязкой нефти потребуется более 535 трлн $м^3$ чистого воздуха, и как результат будет выброшено такое же количество вредных продуктов горения, которые будут воздействовать на воздушный бассейн, растительный мир и на водоносные горизонты пресных и соленых вод. Применение тепловых методов добычи высоковязких нефтей и природных битумов также предопределяет увеличение газового фактора скважин. В процессе глубокой окислительной термодеструкции органического вещества вмещающей породы в атмосферу выбрасываются вредные и токсичные газообразные вещества: диоксиды серы и азота, оксиды углерода, сероводород, меркаптан, непредельные углеводороды. Возможно попадание в атмосферу чрезвычайно токсичных оксидов ванадия, ПДК которых в 30 раз меньше ПДК углерода. В связи с этим метод внутрипластового горения как метод разработки не рекомендуется.

Для оценки степени загрязнения устанавливаются предельно допустимые концентрации содержания вредных веществ в атмосферном воздухе. По ОАО «Татнефть» установлена

ПДК суммы предельных углеводородов в атмосферном воздухе – 5 мг/м^3, а сероводорода – 0,008 мг/м^3 и т.д. Отбор проб воздуха рекомендуется производить в 20 м от действующей эксплуатационной и проектной эксплуатационной скважины. Периодичность контроля – 1–2 раза в месяц.

В рамках мероприятий по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) предусматривается до начала проектирования и строительства проектируемых нефтепромысловых объектов провести мероприятия по определению наличия и содержания в воздухе газообразных углеводородов и сероводорода. Необходимо предусмотреть строительство установок удаления сероводорода из высоковязкой нефти и попутного газа, а также подтоварной отсепарированной воды.

Помимо гидросферы и атмосферы, большую нагрузку от загрязнения испытывает педосфера. Крупным источником загрязнения почвы является добыча битумов методами внутрипластового горения и паротеплового воздействия. Увеличение температуры и давления в пласте приводит к миграции загрязняющих веществ на поверхность почвы, изменению ее состава и свойств. Наиболее опасным с этой точки зрения является процесс внутрипластового горения, при котором почва в большей степени, чем при паротепловом воздействии, насыщается сернистыми соединениями, металлами. Кроме изменения химического состава, при добыче битумов нарушаются процессы самоочищения почвы за счет гибели микробов-сапрофитов.

Загрязнение почвы происходит также за счет выпадения на ее поверхность веществ из атмосферного воздуха. Установлено, что наибольшая степень загрязнения почвы отмечается в районе добычи битумов и на пониженных участках района.

С целью определения засоленности и нефтяного загрязнения почвы и грунта необходимо отбирать пробы почвы и грунта в 50 м от действующих эксплуатационных и проектных эксплуатационных скважин.

Размещение разведочных и эксплуатационных скважин на территории залежи должно быть в самых по возможности благоприятных условиях для сохранения окружающей среды: на опушках леса, у дорог, на просеках лесов, вдали от санитарных и охранных зон.

Сохранение высокого качества окружающей среды в первую очередь необходимо человеку для комфортного существования. Рассмотрев воздействие методов разработки СВН и ПБ на различные геосферы, отметим, как это отражается на здоровье человека и какие меры по его сохранению применяются. Так, по нормативу СН-245-71 санитарно-защитная зона населенных пунктов устанавливается в соответствии с санитарной классификацией предприятий и объектов. Нефтяные скважины по этой классификации, в зависимости от содержания сероводорода и летучих углеводородов, могут быть отнесены к I и III классам с размерами санитарно-защитных зон 1000 м для сернистых нефтей верхних горизонтов и 300 м для нефтей из отложений терригенного девона. Залежи СВН и ПБ, как правило, имеют высокое содержание сероводорода, а некоторые залежи содержат и летучие углеводороды. В связи с этим вокруг населенных пунктов, близлежащих к залежам СВН и ПБ, установлена санитарно-защитная зона в 1000 м.

В процессе производственной деятельности нефтедобывающих предприятий на различных участках месторождений нефти и газа и технологического оборудования возможны образования концентрации радиационно-опасных веществ, которые могут радиационным излучением оказать вредное воздействие на здоровье обслуживающего персонала месторождения, близпроживающего населения и на окружающую среду.

При строительстве нефтяных и газовых скважин и их эксплуатации источниками радиационного загрязнения окружающей среды могут служить выбросы радионуклидов, источники которых таковы:

1. В ходе выполнения геофизических исследований с применением приборов, имеющих в своем составе источники радиационного излучения (РК, НГК и др.).

2. В процессе освоения и эксплуатации скважин и сжигания сепарированного попутного газа.

Защита персонала от нейтронного и гамма-излучения должна обеспечиваться:

– использованием источников с минимальной активностью, необходимой для проведения данного вида работ;

– максимальным сокращением времени проведения рабочих операций;

– максимально возможным удалением рабочих от источника;

– применением защитных средств (защитных контейнеров, экранов, дистанционного инструмента, манипуляторов и т. п.).

При испытании продуктивных объектов в окружающую среду в том или ином виде возможно поступление природных радионуклидов рядов 238U, 232Th, а также 40K, которые могут исходно содержаться в горных породах, слагающих пласты, и пластовом флюиде.

Источниками производственного облучения состава бригад по освоению и эксплуатации скважин могут являться:

– нефть, содержащая природные радионуклиды;

– загрязненные природными радионуклидами территории в месте расположения факела;

– асфальтено-смоло-парафиновые отложения (АСПО) на технологическом оборудовании (фонтанная арматура, линии ПВО);

– производственные отходы (пластовая вода) с повышенным содержанием природных радионуклидов;

– технологические участки (шламовый амбар), в которых имеются значительные эффективные площади испарений и возможно интенсивное испарение отдельных фракций нефти, аэрация воды и т.п.;

– производственная пыль с высоким содержанием природных радионуклидов в воздухе рабочей зоны.

Мониторинг радиационного фона месторождения в целом осуществляется недропользователем в ходе разработки месторождения нефти. Также проводятся периодические обследования работников на уровень облучения и исследования производственных отходов на содержание природных радионуклидов.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОГО НЕФТЯНОГО ШЛАМА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ильина О.Н.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

PROVIDE A METHOD FOR DISPOSAL OF SOLID OIL SLUDGE IN ROAD BILDING

Ilina O.N.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Предложенный способ утилизации твердого нефтяного шлама в дорожном строительстве заключается в производстве дорожно-строительных материалов и устройстве из них слоев дорожной одежды автомобильных дорог и площадок.

Annotation

The proposed method of disposal of solid oil sludge in road construction is the production of road-building materials and devices are pavement layers of roads and grounds.

Нефтяные месторождения Республики Татарстан с наличием в эксплуатации большого количества нефтепромысловых объектов бурения и ремонта скважин, добычи, перекачки и подготовки нефти и газа, очистки и утилизации нефтепромысловых сточных вод, ремонта технологического оборудования и сооружений, а также транспортных и других предприятий и организаций связаны с образованием значительного количества производственных отходов – нефтяных шламов. Так, только на объектах добычи, подготовки и транспорта нефти и газа, очистки и утилизации нефтепромысловых сточных вод предприятий и организаций, при аварийных порывах трубопроводов, очистке от осадков технологических аппаратов и резервуаров, нарушениях технологических режимов работы со сбросом некондиционной продукции в систему промканализации и других причин, ежегодно образуются десятки тысяч тонн нефтяных шламов, которые за период многолетней разработки месторождений накапливались и накапливаются в открытых амбарах. Наличие открытых амбаров приводит к постоянному загрязнению окружающей природной среды – почвы, поверхностных и подземных вод, а также атмосферного воздуха углеводородами, сероводородом и другими выбросами за счет испарения легких фракций. По этой причине утилизация нефтяных шламов без нанесения ущерба производству и вреда окружающей природной среде и эффективное использование их в качестве вторичного сырья являются одними из важнейших проблем добычи и переработки нефти на современном этапе и представляют сложную техническую и технологическую задачу.

Под воздействием времени, воздуха, атмосферных осадков состав и свойства накопившихся нефтяных шламов значительно меняются качественно. Происходит естественное «старение» эмульсий, испарение легких фракций нефти, окисление и осмоление нефтепродуктов, попадание в них дополнительного количества механических примесей неорганического происхождения (песок, глина). Устойчивость таких сложных многокомпонентных дисперсных систем с течением времени многократно возрастает, а обработка и утилизация их представляет одну из труднейших задач, наиболее технически сложных и дорогостоящих в общем комплексе проблем утилизации нефтесодержащих отходов и охраны окружающей среды. Сложностью проблемы полного и эффективного использования нефтесодержащих отходов, как вновь образовавшихся, так и донных осадков с большим содержанием асфальтеносмолистых и парафиновых отложений, механических примесей и воды, отлежавшихся в открытых амбарах, является также высокая вязкость шлама и стойкость «устаревшей» водонефтяной эмульсии, не поддающейся переработке в обычных условиях.

Образование, накопление и хранение нефтяных шламов в открытых амбарах длится десятилетиями, однако до настоящего времени в мировой и отечественной практике нет достаточно эффективных промышленных способов их переработки и утилизации. Как показывает практика, на сегодняшний день большую проблему представляют твёрдые

нефтешламы (загрязнённый почвогрунт, асфальтосмолистые парафиновые отложения и так далее). Твёрдый нефтяной шлам также в больших количествах образуется в качестве побочного продукта при переработке жидких нефтяных шламов. Их доля в ряду нефтеотходов составила более 50 % для нефтяной отрасли.

В настоящее время для решения этой проблемы в Казанском государственном архитектурно-строительном университете осуществляется разработка способа утилизации твердого нефтяного шлама в дорожном строительстве. Ранее был разработан способ утилизации жидкого нефтяного шлама и осуществлено опытно-производственное внедрение результатов исследований. Мониторинг опытного участка строительства показал результаты, соответствующие нормативным требованиям [1].

Способ утилизации твердого нефтяного шлама в дорожном строительстве заключается в производстве дорожно-строительных материалов и устройстве из них слоев дорожной одежды автомобильных дорог и площадок, а именно в верхних и нижних слоях оснований нежестких дорожных одежд усовершенствованного капитального или облегченного типа; в дорожных одеждах переходного типа с устройством поверхностной обработки или защитного слоя; в краевых укрепительных полосах и для укрепления обочин; в качестве морозозащитных и водонепроницаемых слоев (рис. 1).

Экспериментальные исследования физико-механических свойств дорожно-строительных материалов на основе твердого нефтяного шлама показали соответствие их показателей нормативным значениям ГОСТ 30491 и ГОСТ 23558. В состав минеральной части разрабатываемого материала входят местный известняковый щебень М400 и твердый нефтяной шлам в количестве до 50 %, в качестве вяжущего применялось комплексное минеральное вяжущее из портландцемента и пуццолановой добавки – диатомита. Для минеральной части подобран определенный гранулометрический состав. Поисковые исследования по оптимизации составов материалов проводятся для увеличения показателя морозостойкости. Также отрабатываются технологические параметры приготовления и использования материалов по назначению для осуществления опытно-промышленной проверки результатов исследований.

Таким образом, разработка такого способа утилизации твердого нефтяного шлама позволит сделать цикл переработки нефтяных отходов полностью завершенным и исключить образование побочных отходов, что в свою очередь способствует улучшению состояния окружающей природной среды и эффективному использованию местных ресурсов.

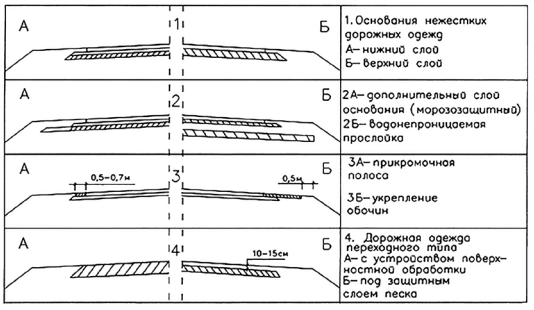


Рис. 1. Область применения дорожно-строительных материалов на основе твердого нефтяного шлама

Литература

1. Ильина О.Н., Силкин В.В.. Нефтяной шлам – отход во вторичное сырье для дорожного строительства. Журнал экологии и промышленной безопасности, № 1-2, 2014, стр. 106-107.
2. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. – М.: Из-во стандартов, 1995. – 13 с.
3. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. Госстрой России – М.: ГУП ЦПП, 1997.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОРБЦИИ БЕРЕЗОВОГО ОПАДА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ЖЕЛЕЗА (II)

Степанова С.В., Шаймарданова А.Ш.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

DETERMINATION THE DEGREES OF SORPTION OF Fe (II) ONTO THE BIRH LITTER

Stepanova S.V., Shaimardanova A.S.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Изучена возможность использования березового опада в качестве сорбционного материала для удаления ионов железа из модельных растворов. Определена степень сорбции ионов железа (II) березовым опадом.

Annotation

This study presents the adsorptoin behavior of the Fe (II) onto the birh litter. The effects of varying adsorbent loading, contact time and temperature of adsorption were studied.

Поступление тяжелых металлов в биосферу вследствие антропогенного воздействия осуществляется разнообразными путями. Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды гальванических цехов, предприятий горнодобывающей, черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий [1, 2].

Тяжелые металлы, подавляя жизнедеятельность высших и низших организмов, блокируют ферментные системы, вступают во взаимодействие с сульфидными группами ключевых ферментов, разрушают целостность клеточных стенок [3, 4].

Некоторые неорганические соединения, например соединения железа (II), при регулярном употреблении воды, возрастает опасность различных заболеваний внутренних органов, в первую очередь печени и почек. Кроме того, избыточное количество железа неблагоприятно воздействует на кожу человека, влияет на морфологический состав крови, может быть причиной возникновения аллергических реакций, а также способствует накоплению осадка в системе водоотведения.

Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что одним из приоритетных направлений развития современной технологии очистки водных сред от токсичных и вредных веществ является создание новых дешевых и эффективных адсорбентов. Анализ литературных данных показал, что используемые в настоящее время адсорбенты для очистки сточных вод от жиров, нефтепродуктов и органических веществ имеют высокую стоимость, сложные технологии получения и регенерации. Растительные отходы – опилки, щепа, овсяная, гречишная, подсолнечная и рисовая лузга, кукурузные кочерыжки, фруктовые косточки и другие относятся к вторичным материальным ресурсам, которые не подлежат регенерации. С другой стороны, в сравнении с другими видами отходов их запасы постоянно пополняются. Растительные отходы могут стать заменителями многих материалов не только за счет обновления ресурсов, а и благодаря тому, что по структуре они обладают комплексом свойств, благодаря которым из них получают практически все те же материалы, что и получают из угля, нефти и газа. Сорбенты растительного происхождения являются наиболее экологически эффективными и рационными.

Данная работа проведена с целью изучения возможности использования березового опада в качестве сорбционного материала (СМ) для удаления ионов железа (II) из модельных вод.

Для проведения эксперимента в пять плоскодонных колб емкостью 250 мл помещали навески СМ по 0,1 г. Навески вносились исходя из содержания сорбционных материалов в

количестве 1 г на литр жидкости. Затем в колбы приливали по 100 мл модельных растворов, содержащих ионы Fe (II) с концентрацией 100 мг/дм^3. Колбы с находящимися в них навесками СМ и растворами плотно закрывали пробками. Эксперимент проводили при температурах 5 °С, 20 °С, 35 °С и 50 °С. После истечения заданных промежутков времени: 0,5, 1, 2, 3 и 5 часов СМ отфильтровывали и в фильтрах определяли остаточные концентрации ионов Fe (II) комплексонометрическим методом согласно стандартным методикам [5].

На рисунке 1 представлены кинетические кривые сорбции ионов железа (II) березовым опадом.

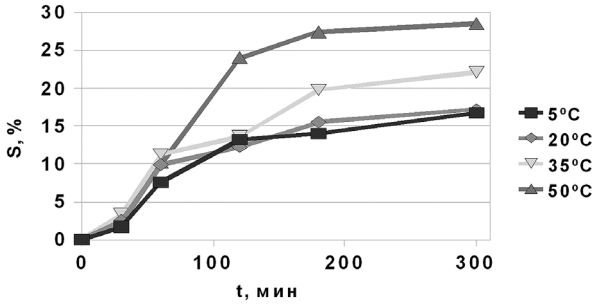


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции ионов железа (II) березовым опадом при 5 °С, 20 °С, 35 °С и 50 °С

Степень сорбции (S, %) рассчитывали по формуле [6]:

$$S=(C_0-C_p)\cdot 100/C_0,$$

где C_0 – исходная концентрация, мг/л; C_p – равновесная концентрация, мг/л.

Рассчитали степень сорбции березового опада при каждой температуре, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Сорбционная емкость и степень сорбции ионов железа березовым опадом при 5 °С, 20 °С, 35 °С и 5 °С

t, мин	30	60	120	180	300
T=5 °C					
a, ммоль/г	3,035	13,57	23,57	25	29,82
S, %	1,7	7,6	13,2	14	16,7
T=20 °C					
a, ммоль/г	4,46	17,67	21,78	27,67	30,71
S, %	2,5	9,9	12,2	15,5	17,2
T=35 °C					
a, ммоль/г	5,89	20,17	24,28	35,35	39,46
S, %	3,3	11,3	13,6	19,8	22,1
T=50 °C					
a, ммоль/г	4,285	18,035	42,85	48,92	50,89
S, %	2,4	10,1	24	27,4	28,5

С увеличением температуры процесса наблюдается увеличение сорбционной емкости, так как нагревание всегда способствует ускорению установления равновесия в системе.

Полученные кинетические кривые позволяют сделать вывод, о том, что сорбция ионов железа начинается при t=30 минут, а основной эффект достигается при времени контакта адсорбента с адсорбтивом, равном 180 мин. Однако анализируя изотермы, можно сделать вывод, что система стремится к равновесию. При 300 минутах протекания процесса равновесие не достигается, эксперимент необходимо проводить увеличивая время контакта.

Таким образом, проведенными экспериментами определено, что березовый опад возможно использовать для удаления ионов железа (II) из модельных вод.

Литература

1. Основы и менеджмент промышленной экологии / Мухутдинов А.А. [и др.]. – Казань: Магариф, 1998. – 380 с.
2. Экология Республики Татарстан: проблемы и решения. – Казань: Магариф , 1997. – 92 с.
3 Мур Д.В. Тяжелые металлы в природных водах / Мур Д.В., Рамамурти С.. – М.: Мир, 1987. – 376 с.
4. Мур Д.В. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияний / Д.В. Мур. – М.: Наука, 1987. – 426 с.
5. ПНД Ф 14.146-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации никеля в сточных водах фотометрическим методом с диметилглиоксимом. – М: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. – 1996. – 15 с.
6. Никифорова Т.Е. Сорбция ионов меди модифицированным белково-целлюлозным комплексом барды / Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Родионова М.В. // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С 41–46.

НОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Мингазетдинов И.Х., Шипилова Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

NEW PURIFICATION DEVICE VENTILATION EMISSIONS IN MECHANICAL ENGINEERING

Mingazetdinov I.H., Shipilova R.R.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Рассмотрены характерные загрязняющие вещества, содержащиеся в вентиляционных выбросах литейных, сварочных производств, при заточных, шлифовальных операциях. Предложены несколько новых устройств мокрой очистки, позволяющие не только эффективно улавливать аэрозоли, но и сочетать абсорбционную очистку.

Annotation

The characteristic pollutants contained in the ventilation-governmental emissions casting, welding production, while sharpening, grinding operations. Proposed several new devices scrubbing, allowing not only efficient, actively capture aerosols, but also to combine absorption cleaning.

Очистка вентиляционных выбросов от различных технологических процессов представляет важную экологическую задачу. В машиностроении наибольшие выбросы в атмосферу характерны для литейных, сварочных процессов, при заточных и шлифовальных операциях. Средний размер частиц загрязнителя лежит в пределах 2 мкм – 200 мкм. Очистка вентиляционных выбросов осуществляется за счет центробежной сепарации, в циклонах и вихревых камерах, насыпных и тканевых фильтрах, электрофильтрах.

Анализ показывает, что наиболее рациональным и энергосберегающим является очистка в устройствах центробежного типа. Для повышения эффективности и качества очистки воздуха от загрязнителей машиностроения предложены устройства мокрой очистки [1–3]. Мокрое пылеулавливание имеет ряд преимуществ по сравнению с сухими методами как по эффективности пылеулавливания, так и по расширению диапазона применения, т.к. можно улавливать частицы до 0,1 мкм. Кроме того, можно использовать и для очистки от газообразных загрязнителей, используя процесс абсорбции. На практике очень часто в вентиляционных выбросах наряду с твердыми веществами присутствуют различные газы, и для их улавливания требуется несколько различных ступеней очистки, поэтому предложенные устройства снижают металлоемкость систем очистки.

В устройстве [1] внутри цилиндрического корпуса коаксиально установлена центральная труба с несколькими рядами форсунок для подачи жидкости. Центральная труба установлена подвижной, с возможностью вращения, а форсунки расположены так, что истечение жидкости происходит тангенциально к диаметру трубы. В результате этого возникает реактивная сила и внутри корпуса образуется несколько слоев истекающей жидкости в виде пелены. Очищаемый воздух подается в нижней части корпуса, как в циклоне, тангенциально, и коагулированные частицы отбрасываются к стенке и, стекая вниз, отводятся в шламоприемник.

Дальнейшее развитие устройство получило в предложенной конструкции [2], где в дополнение к мокрой центробежной очистке добавляется фильтрация в насыпном бункере, в котором производится непрерывное перемешивание от лопастей, установленных на вращающейся центральной трубе.

Использование мокрой очистки с сочетанием центробежных сил реализовано в [3]. Отличие предложенного устройства состоит в том, что корпус устройства выполнен так, что внутри

аппарата образуется два вихря: первичный, как в обычном циклоне, и вторичный, тороидальный, который орошается жидкостью. В этом аппарате реализуются несколько факторов очистки: центробежная сепарация последовательно в двух вихрях, мокрое пылеулавливание и фильтровальное разделение на сетчатом фильтре, что способствует эффективной очистке.

Таким образом, предложенные устройства позволяют существенно повысить качество очистки вентиляционного воздуха в машиностроении, снизить металлоемкость и снизить энергопотребление.

Литература

1. Мокрый пылеуловитель. Патент на полезную модель. № 63707, Бюл. № 16 от 10.06.2007. Мингазетдинов И.Х., Кулаков А.А., Гумерова (Шипилова) Р.Р. и др.
2. Мокрый пылеуловитель. Патент на полезную модель. №78439, Бюл. № 33 от 27.11.2008. Мингазетдинов И.Х., Гумерова (Шипилова) Р.Р.
3. Центробежный мокрый очиститель воздуха. Патент на полезную модель. Бюл. № 25 от 10.09.2013. Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Кабанова Е.П.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВАЛОК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Шамсиева Г.Ш., Найман С.М., Найман М.О.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION IN THE LANDFILLS AFFECTED AREA

Shamsieva G.Sh., Nayman S.M., Nayman M.O.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Проведена оценка загрязненности почвы фильтрационными водами свалки твердых бытовых отходов путем сравнения содержания загрязняющих веществ в изучаемой почве с их фоновым содержанием. Получено, что попадание фильтрата на почву может привести к чрезвычайно высокой степени ее загрязнения.

Annotation

Assessment of soil pollution with seepage water is made. Comparison of the content of pollutants in the investigated soil with their background content was carried out. It was found that the filtrate entering the soil can lead to an extremely high degree of contamination.

Согласно данным Государственного доклада «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2013 году», наибольшие несоответствия существующим нормативам качества почвы относительно фоновой пробы зафиксированы на Самосыровском полигоне ТБО. В пробе с места сброса фильтрационных вод (в 20 м от пруда накопителя) отмечены превышения по следующим ингредиентам: нефтепродукты в 3 раза; хлориды в 281 раз; сульфаты в 26 раз; медь в 1,9 раза; цинк в 5,4 раза; хром в 3,3 раза; нитриты в 277 раз; аммоний 28 раз; органическое вещество в 1,6 [1].

Фильтрационные воды полигона представляют собой сточные воды сложного химического состава, образуемые в толще отходов в результате процессов деструкции отходов и взаимодействия воды, просачивающейся через тело свалки, с органическими и неорганическими веществами. Источниками образования полигонного фильтрата являются атмосферные осадки, избыточная влага складируемых отходов (отжимная влага, удаляемая из отходов при их уплотнении), хозяйственно-бытовые сточные воды полигона, а также вода, образующаяся в результате биогенной деструкции отходов.

Почва обладает способностью накапливать поступающие в нее загрязняющие вещества. Ашихмина, Овчинникова [2] отмечают двоякую роль почвы в процессах загрязнения подземных вод: с одной стороны, она выполняет защитные функции по отношению к горизонту грунтовых вод; с другой – будучи загрязненной, она в течение длительного времени может быть источником вторичного загрязнения подземных вод даже при ликвидации основного техногенного источника загрязнения.

Оценка загрязненности почвы вследствие попадания на нее фильтрационных вод проводилась путем сопоставления фактического содержания загрязняющих веществ в исследованных почвах с их фоновым содержанием. Отбор проб осуществлялся в октябре 2013 года. При исследовании использовалось понятие контрастности, представляющее собой отношение фактического содержания элемента к фоновому.

Мерой загрязненности почвы каким-либо элементом является коэффициент контрастности Кс:

где $C_{факт}$ и $C_{фон}$ – фактическое (измеренное) и фоновое содержание элемента соответственно, мг/кг.

Если принять фоновые значения за единицу, то результаты количественного химического анализа почвы можно представить в виде коэффициентов концентрации загрязняющих веществ (таблица 1).

Таблица 1.

Коэффициенты концентрации загрязняющих веществ

Ингредиент	Коэффициент концентрации загрязняющего вещества для исследуемой почвы	Коэффициент концентрации загрязняющего вещества (фоновое содержание)
Нитраты	0,4	1
Фосфаты	10,0	1
Нефтепродукты	1,5	1
Марганец	0,8	1
Аммоний	27,5	1
Цинк	2,2	1
Хром	2,5	1
Нитриты	52,9	1
Хлориды	76,9	1
Сульфаты	8,0	1

Для оценки загрязнения почв несколькими химическими веществами был рассчитан суммарный показатель загрязнения Z_c. Данный показатель представляет собой сумму коэффициентов контрастности и выражается следующей формулой:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_{ci} - (n-1),$$

где n – число химических веществ, по которым оценивается загрязнение.

Для исследуемой почвы суммарный показатель загрязнения Z_c составил 174,1.

Оценка опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения проводилась по ориентировочной оценочной шкале (таблица 2).

Таблица 2.

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения [3]

Категория загрязнения почв	Величина Z_c
Допустимая	менее 16
Умеренно опасная	16–32
Опасная	32–126
Чрезвычайно опасная	более 126

Результаты сравнения показывают, что попадание фильтрационных вод свалок твердых бытовых отходов на почву может приводить к чрезвычайно опасной степени загрязнения почвы.

Основными способами защиты почвы от полигонного фильтрата являются оборудование защитного экрана в основании полигона, организация сбора фильтрационных вод, их обработки, отвода поверхностного стока. Несмотря на проведение необходимых защитных мероприятий, загрязнение подземных вод фильтратом возможно вследствие просачивания его через защитные устройства в результате воздействия на противофильтрационный экран химических соединений (сильных кислот и оснований), из-за дефекта компонентов противофильтрационного экрана и ряда других причин.

Защищенность почвы и подземных вод от загрязнения фильтрационными водами зависит от многих факторов. Основными способами предотвращения или минимизации загрязнения являются: использование противофильтрационных экранов основания полигона, пересыпка отходов изолирующим слоем, предварительное извлечение вторичных ресурсов и опасных компонентов.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2013 году». Казань, 2014. 504 с.
2. Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В., Федянин В.И., Фундаментальные исследования, 7, 78-80 (2009)
3. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. / Под ред. к.х.н. Муравьева А.Г. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 216 с., ил.

СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Ламзина И.В., Желтобрюхов В.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

THE MANAGEMENT STRATEGY OF ENERGY POTENTIAL OF MUNICIPAL SOLID WASTE

Lamzina I.V., Zheltobryukhov V.F.,
Volgograd State Technical University, Volgograd

Аннотация

Постепенное исчерпание и, как следствие, удорожание природных энергоносителей ставит на первый план необходимость привлечения альтернативных источников энергии. В мировой практике с этой целью используют горючие фракции твердых бытовых отходов, которые в зависимости от назначения могут быть переработаны в синтез-газ, синтетическое дизельное топливо или RDF. При переработке отходов в топливо следует прибегнуть к их комплексной оценке с целью выявления теплофизических характеристик, напрямую зависящих от особенностей морфологического состава. Ввиду отсутствия селективного сбора на территории России возникает множество проблем при обработке многокомпонентного состава ТБО. По этой причине необходимо разработать стратегию управления ТБО, начиная с момента поступления их на территорию полигона и до получения конечного продукта.

Annotation

The gradual exhaustion and, as a consequence, the rise of natural energy resources high-lights the need to attract alternative sources of energy. With that end in view in world practice, use the combustible matter of municipal solid waste, which depending on destination can be recycled to the synthesis gas, synthetic diesel fuel, or RDF. Processing the waste to the fuel follow to request a comprehensive evaluation to identify the thermophysical characteristics, directly turn on the characteristics of the morphological composition. In default of selective collection in Russia, there are many problems of the processing of multicomponent composition of MSW. As such, it is necessary to develop a strategy for management of solid waste, from the income on the territory of the landfill and to the final product is obtained.

Специфика морфологического состава твердых бытовых отходов позволяет использовать их в качестве вторичного энергоресурса без ущерба для окружающей среды при условии применения современного сортировочного оборудования и методов пыле- и газоочистки выбросов. Многокомпонентность потока ТБО определяется климатической зоной их образования и сезонностью. Так, например, увеличение содержания пищевых отходов с 20–25 % весной и до 40–55 % осенью связано с большим потреблением овощей и фруктов в рационе (особенно в городах южной зоны). Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 до 7 % в городах южной зоны и с 11 % до 5 % – в средней зоне [1].

Доля горючей фракции является ключевой энергетической характеристикой отходов; усредненный показатель ее содержания составляет не более 60–70 % при условии полного извлечения. Однако в процессе сортировки он снижается до 40 % и представляет так называемую высококалорийную фракцию RDF (refuse derived fuel, сокр. RDF англ. или FBA, нем. – твердое восстановленное топливо из отходов). Калорийность RDF составляет 20–23 МДж/кг, в то время как альтернативного топлива из несортированных ТБО – всего 13 МДж/кг.

Также немаловажно учитывать влагосодержание, которое составляет до 35 % за счет пищевых и растительных отходов. При увеличении содержания влажной фракции необходимо проводить предварительную сушку отходов, что позволит значительно сократить энергопотребление термодеструкционной установки и выход недожога.

С целью увеличения калорийности альтернативного топлива и доведения ее до уровня природного газа, в состав вводят измельченные автомобильные шины (так называемое топливо TDF – Tire Derived Fuel). Для получения TDF целые шины измельчают с помощью шредера или серии измельчителей и затем подвергают магнитной сепарации для извлечения металлических компонентов. Использование автопокрышек в качестве альтернативного топлива генерирует такое же количество энергии, как нефть, и на 25 % больше энергии, чем уголь. Чаще всего автопокрышки применяют в энергоемком производстве, как например, цементной промышленности, где доля данного сырья составляет порядка 40–45 %.

Утилизация твердых бытовых отходов (в том числе и изношенных шин) в цементной печи имеет ряд преимуществ, как например: нейтрализация кислых газов – оксидов серы и хлористого водорода активной известью, содержащейся в материале; тяжёлые металлы поглощаются структурой клинкера; не образуются побочные продукты, такие как зольные или жидкие осадки от очистки газа; полностью используется энергетический потенциал отходов; достигается высокая температура пламени (до 2000 °С).

Сжигание отходов в данном агрегате с экологической точки зрения допустимо, так как высокие температуры технологического процесса позволяют свести к минимуму количество вредных веществ в отходящих газах и обеспечивают химическое связывание в клинкерных минералах токсичных компонентов, выделяющихся из отходов в процессе их переработки, что подтверждается рядом зарубежных исследований и мировой практикой [2].

В России существуют несколько современных мусоросортивочных заводов (в Тамбовской, Тверской, Кемеровской, Курской, Оренбургской, Белгородской и др. областях), позволяющих выделить вторсырье. Однако следует отметить, что процесс сортировки экономически не эффективен, так как доход от сортировки смешанных ТБО не может покрыть затрат на сортировку. Кроме того, необходимо иметь большое количество потребителей вторсырья, что в условиях российской экономики не всегда возможно. Для получения же качественного альтернативного топлива (RDF) необходима автоматическая сортировка, в этом случае метод значительно удорожается, однако может окупиться благодаря использованию энергетического потенциала отходов на производстве или в других сферах. Срок окупаемости мусороперерабатывающего комплекса, работающего по схеме «смешанные ТБО – RDF – потребитель» составляет 3–5 лет. В случае RDF уместнее использовать «негативный» подход к сортировке, так как он позволяет уменьшить количество «хвостов», идущих на захоронение.

Всё большую популярность приобретает термодеструкция отходов в газовой фазе с получением горючего продукта синтез-газа. Синтез-газ используется также в качестве промежуточного продукта для производства метана, метанола, диметилового эфира и других химических веществ. Отличительная особенность газификации от инсинерации состоит в том, что в реакторе газовая фаза обладает восстановительными свойствами, поэтому образо-вание оксидов азота и серы термодинамически невыгодно, и вредных газовых выбросов у газификаторов значительно меньше, чем у печей сжигания. В то же время тип сырья для газификации определяет уровень необходимой предварительной обработки отходов согласно требованиям технологии.

Состав синтез-газа зависит от условий проведения газификации, газифицирующего агента и непосредственно самой структуры входящего потока твердых бытовых отходов. Наибольшее количество синтез-газа образуется при проведении процесса газификации с введением воздушного дутья. Следует отметить также, что теплотворная способность газа в значительной степени зависит от поступления кислорода из воздуха, так как он способствует увеличению доли монооксида углерода и, соответственно, повышению калорийности. Таким образом, при кислородном дутье образуется газ со средней калорийностью 2900 ккал/м^3, в то время как низкокалорийный газ образуется при использовании в качестве дутьевого агента воздуха (1000–1100 ккал/м^3). Такая невысокая теплотворная способность обусловлена повышенным содержанием азота в составе газифицирующего агента, что впоследствии также создает проблему очистки отходящих газов от оксидов азота.

Общая схема газификации представлена ниже на рисунке 1.

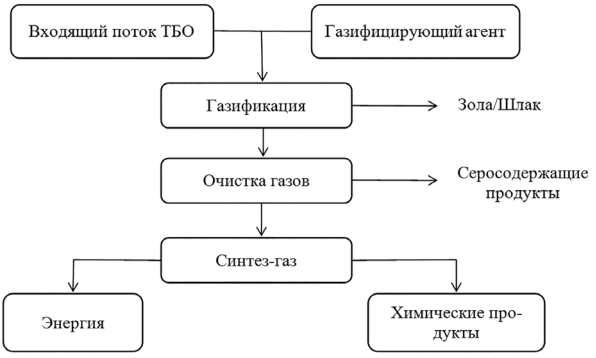


Рис. 1. Основные этапы процесса газификации

Синтез-газ может сжигаться непосредственно для рекуперации тепловой энергии в виде тепла и/или пара и электричества и также может служить сырьем в производстве жидкого топлива (синтетический дизель) путем синтеза Фишера-Тропша. Касательно химических веществ, получаемых из синтез-газа, можно выделить метанол, используемый в производстве этилового спирта, уксусной кислоты, формальдегида и других соединений. Образующийся инертный шлак можно использовать в дорожном строительстве. Зола, остающаяся после газификации, может содержать остаточный углерод и соли тяжелых металлов, растворимые в воде. После проверки золы на отсутствие бензопирена, диоксинов и тяжелых металлов в подвижной форме она может быть отправлена на захоронение [3].

Процесс газификации характеризуется высоким энергетическим КПД и позволяет перерабатывать материалы с малым содержанием горючих составляющих или с высокой влажностью. Однако следует иметь в виду, что правильная предварительная обработка позволяет легче осуществить термическое разложение отходов и увеличивает производительность процесса, что, как следствие, приводит к получению качественного продукта и сводит к минимуму негативное влияние выбросов на окружающую среду.

Переход на альтернативные источники энергии благотворно влияет не только на окружающую среду, но и дает возможность получить экономию на энергоносителях и уменьшить зависимость производства от их поставок.

Литература

1. Ламзина И.В. Проблемы и перспективы переработки отходов в Волгоградской области. – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова; 2014. – С. 74–75.
2. Ламзина И.В. Получение и использование альтернативного топлива из твёрдых бытовых отходов для цементной промышленности [Электронный ресурс]; // URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2331 (дата обращения 15.04.2014).
3. Технологии утилизации углеродсодержащих отходов (часть 1) [Электронный ресурс]; // URL: http://www.megawt.ru/26-metody-tehnologii-i-koncepcii-utilizacii-uglerodosoderzhaschih-promyshlennyh-i-tverdyh-othodov-chast-1.html (дата обращения: 20.03.2013).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Белицкая М.Н., Грибуст И.Р.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт», г. Волгоград
Юдаев И.В.,
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ELECTRICAL STIMULATION SEED CROPS

Belitskaya M.N., Gribust I.R.,
All-Russian Scientific-Research Institute of Agroforest Reclamation, Volgograd
Yudaev I.V.,
Don State Agrarian University, Persianesque

Аннотация

Представлены материалы по влиянию электрообработки на рост и развитие семян зерновых культур. Анализируются данные по отзывчивости населения насекомых и основных болезней зерновых культур на предпосевную электростимуляцию.

Annotation

About the effect preprocessing the electricity on the growth and the development the seeds cereal is the presents of the information. Analyzed the data on the responsiveness of the population of insects and diseases of the crops sown with the processing of the pre-electrical stimulations.

Увеличение производства растениеводческой продукции на современном этапе связано с ростом затрат и негативным воздействием на окружающую среду пестицидов, применение которых постоянно возрастает.

В этих условиях признана чрезвычайно актуальной разработка систем управления агроэкосистемами «на основе современных технологий защиты растений, в т.ч. электротехнологий» [4]. К перспективной группе компонентов таких технологий относятся электрические поля, влияющие на протекание физиологических процессов, способствующих активизации роста растений, изменяющие физико-химическое состояние клетки, улучшающие энергетический и пластический внутри- и межклеточный обмен и др. [1, 5]. Изучение влияния разных режимов предпосевной электрообработки семян зерновых культур с целью оптимизации роста растений, повышения их устойчивости к вредным организмам и увеличения урожайности начато нами в 2008 году. Исследования проводятся в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт» с постановки лабораторных и полевых экспериментов, а позднее на опытных полях института и КХ Н.Н. Олейникова. Эффективность предпосевной электростимуляции семян оценивали на сортах зерновых культур: озимой тритикале (ТИ 17), озимой пшеницы (Тарасовская остистая) и ярового ячменя (Донецкий 8). Агротехника была общепринятой для зоны возделывания.

Обработку семян осуществляли в поле постоянной и переменной высокой напряженности, а также высоковольтных импульсных разрядов. Основой экспериментальной установки служил промышленно изготовленный аппарата СКАТ-70, который организует подачу на электроды высокого напряжения и позволяет производить зарядку высоковольтных емкостей до технологически обоснованного уровня. Для осуществления импульсных воздействий использовали изготовленную специально установку с управляемой частотой разрядов.

Влияние электрических воздействий на семена проявлялось уже на ранних фазах развития растений с образования клеток точки роста и формирования конуса нарастания. Отмечена прямая зависимость всхожести семян от режима обработки [2, 3]. Максимальный эффект показали импульсное воздействие и воздействие переменным полем с экспозицией 120 с.

Эффективность электростимуляции зависит от дозы воздействующего фактора и от состояния (то есть чувствительности к воздействию) семян. Обработка весьма результативна для семян с пониженной всхожестью, но высокой жизнеспособностью. Отмечено, что чем больше разница между всхожестью семян и их жизнеспособностью, тем выше эффективность способа обработки.

Активизация развития семян, подвергшихся воздействию электрического поля, приводит к изменению морфологических особенностей проростков. Причина тому – более эффективное использование ими фотоассимилянтов, на что указывает интенсивность накопления вещества – показатель, характеризующий вклад сухого вещества в рост побега в длину.

Электрообработка семян оказала положительное влияние на стартовый рост растений и большее по сравнению с контролем развитие их в течение вегетационного периода. Растения имеют большее количество стеблей (особенно в верхнем узле кущения), а также массу корней и листьев.

Электрическое поле не только стимулирует внутренние биоэнергетические процессы жизнедеятельности растений, но оказывает также прямое и косвенное влияние на вредные организмы. Так, электростимуляция практически полностью подавляет семенную инфекцию и способствует повышению устойчивости вегетирующих растений к заболеваниям, особенно к листостеблевым и корневым болезням. Наиболее эффективным является действие импульсного поля.

Электрообработка семян ведет к снижению вредоносности хозяйственно опасных вредителей. Отмечено дифференцированное влияние режимов электрообработки на разных насекомых. Наиболее высокие результаты в подавлении вредной деятельности блошек и меромизы обеспечило применение переменного электрического поля в течение 120 с. При экспозиции 60 с вредоносность хлебных блошек практически не меняется, но наблюдается заметное подавление шведской мухи. Использование других режимов обработки семян в меньшей степени обеспечивало защитный эффект.

Ускорение роста растений сопровождается снижением заселения посевов пшеничным трипсом. Максимальный эффект обеспечивает поле постоянного напряжения: плотность популяции трипса сокращается почти в три раза.

О перспективности электрофизического метода регулирования фитосанитарного состояния посевов зерновых культур свидетельствуют данные о сохранении разнообразия и численности индифферентных и полезных видов. Электростимуляция семян сопровождается увеличением количества этих насекомых в стеблестое, тогда как при использовании химических протравителей отмечается противоположная тенденция.

Результаты исследований однозначно свидетельствуют о положительном влиянии предпосевной обработки семян электромагнитным полем на основные элементы, слагающие урожай, повышается урожайность зерновых культур. Максимальный эффект отмечен при использовании постоянного электрического тока (независимо от экспозиции).

Получение прибавок вызвано увеличением продуктивной кустистости (накоплением биомассы и, как следствие, образованием более густого стеблестоя), формированием более крупного зерна (и, соответственно, более высокого его выхода с одного колоса и растения).

Таким образом, применение электростимуляции посевного материала относится к числу эффективных экологически безопасных ресурсосберегающих способов, успешно конкурирующих с использованием химических протравителей и позволяющих снижать нормы расхода минеральных удобрений.

Литература

1. Батыгин Н.Ф. Биологические основы предпосевной обработки семян и зоны ее эффективности [Текст] / Батыгин Н.Ф. // Сельскохозяйственная биология, 1986. Т. 15, № 4. С. 504–509.
2. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Азаров А.В. Технологическая эффективность электростимуляции семян озимой тритикале / Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Азаров А.В. // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 2. – С. 11–13.
3. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Азаров А.В., Юдаев И.В. Предпосевная обработка семян: опыт Нижнего Поволжья / Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Азаров Е.В., Юдаев И.В. // Енергетика і автоматика. Науковий журнал. До 115-річчя заснування Національного університету біоресурсів і природокористування України. – № 3, 2013. – С. 48–54.
4. Ляпин В.Г., Болотов Д.С. Состояние и перспективы электронизации электротехнологических машин для защиты растений / Ляпин В.Г., Болотов Д.С. // Современные средства, методы и технологии защиты растений: Материалы Международной науч.-практ. конф.: Сборник научных статей. НГАУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2088. С. 133–138.
5. Нефедьева Е.Э. Давление как фактор регуляции у растений: монография / Нефедьева Е.Э., Лысак В.И. – Волгоград: Изд-во Волгоградского РТУ, 2009. – 188 с.

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Файзрахманова А.Р., Шакирова Г.Г.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

VENTILATION OF SWIMMING-BATHS

Faizrahmanova A.R., Shakirova G.G.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Целью работы является поддержание оптимального уровня климатических условий и осушение воздуха в плавательном бассейне с использованием теплотехнологического оборудования.

Основной задачей вентиляции и осушения воздуха является обеспечение санитарно-гигиенических требований, поддержание относительной влажности внутренней среды, обеспечение посетителей бассейна свежим воздухом в необходимом количестве.

В данной работе рассматривается теплотехнологическое оборудование, которое обеспечивает подачу свежего воздуха в объёмах, необходимых для комфортного пребывания людей, равномерное распределение воздуха в помещении и удаление отработанного воздуха вместе с некоторым количеством испаряющейся влаги и неприятного запаха, на примере приточно-вытяжной вентиляции.

Результаты показали, что приточно-вытяжные вентиляционные установки отличаются простотой монтажа, удобством обслуживания и высокой эффективностью. Все приточно-вытяжные установки в своем составе имеют эффективный утилизатор тепла, позволяющий существенно снижать эксплуатационные затраты на потребление теплоносителя.

Вывод: важное условие качественной вентиляции бассейнов – оптимальное распределение приточного и вытяжного воздуха. Данная схема вентиляции в помещении бассейна даёт возможность эффективно удалять влажный воздух, поддерживая температурные показатели у стен выше, чем температура точки росы. Вентиляционная система бассейна должна гарантировать незначительную разницу между объёмами удаляемого воздуха и расходом приточной системы.

Annotation

The aim of work are maintenance of optimal level of climatic terms and drainage of air in a swimming-bath with the use of warm-technological equipment.

By the basic task of ventilation and drainage of air is providing of sanitary-hygienical requirements, maintenance of relative humidity of internal environment, providing of visitors of pool by crisp air in a necessary amount.

In hired examined warm-technological equipment, that provides the serve of crisp air in volumes necessary for the comfort stay of people, even distribution of air in an apartment and mov-ing away of exhaust air, together with the several of evaporating moisture and odor nuisance on the example of reveal-drawing ventilation.

Results showed that reveal-drawing vent options differed in simplicity of editing, servicea-bility and high efficiency. All reveal-drawing options in the composition have effective utilizing of heat, allowing substantially reduced operating costs on the consumption of coolant-moderator.

Conclusion: This important condition of quality ventilation of pools is optimal distribution of reveal and drawing air. This chart of ventilation in the apartment of pool gives an opportunity effectively to delete moist air, supporting temperature indexes at walls higher, than temperature of dew point. Vent system of pool must guarantee an insignificant difference between the volumes of the deleted air and expense of the reveal system.

Воздух в помещении бассейна

В любом бассейне постоянно испаряется вода, тем самым увеличивая влажность воздуха. Слишком высокая влажность приводит к образованию конденсата на потолке, стенах и, конечно же, окнах. Результатом воздействия влаги является коррозия, плесень, грибок и в итоге разрушение строительных конструкций. Для человека повышенная влажность неприятна.

Вентиляция организовывается таким образом, что сухой и подогретый воздух в первую очередь препятствует образованию конденсата на поверхностях, для которых такой риск существует.

Постоянный и правильно подобранный воздухообмен позволяет полностью снять проблему образования конденсата и создать неповторимый комфорт в Вашем бассейне. От отопления можно полностью отказаться, так как необходимый воздухообмен, кратностью больше 4, позволяет обычно полностью покрыть трансмиссионные потери при температуре притока примерно 40–45 °С в зимний период. Система отопления, по желанию заказчика, проектируется одновременно с вентиляцией.

Наиболее эффективный способ поддержания необходимого климата и создания комфортных условий в помещении бассейна – это обустройство приточно-вытяжной вентиляции с осушением и утилизацией тепла удаляемого воздуха (рис. 1).

Правильно подобранная вентиляционная установка и правильно спроектированная вентиляционная система обеспечат живой воздух и благоприятный климат в помещении Вашего бассейна [1].

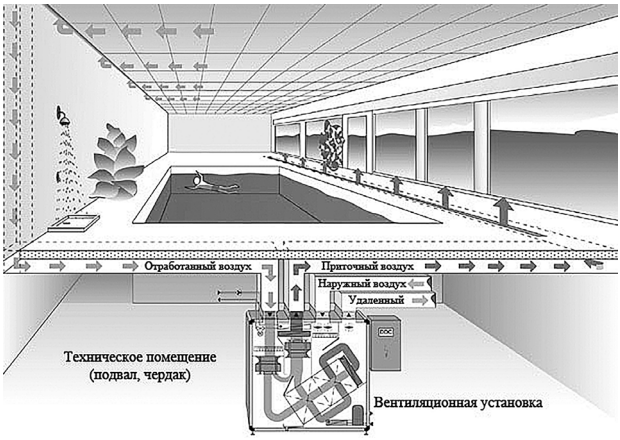


Рис. 1. Приточно-вытяжная вентиляция

Таким обменом наружного воздуха можно обеспечить поддержание влажности в помещении. Для снижения эксплуатационных затрат необходима также эффективная система утилизации тепла воздуха, удаляемого из бассейна.

Передача тепла от удаляемого из помещений воздуха свежему, приточному происходит в специальных устройствах, называемых рекуператорами. Существует 2 основных типа рекуператоров: пластинчатый и роторный. Оба имеют ряд достоинств и некоторые недостатки. Рассмотрим конструктивные особенности обоих типов рекуператоров.

Пластинчатый рекуператор

Конструкция пластинчатого (перекрестно-точного) рекуператора – это изготовленная из листов тонкой оцинкованной стали кассета, сквозь которую проходят два потока: вытяжной

и приточный. Пластинчатый рекуператор встречается в приточно-вытяжных системах чаще, чем роторный, поскольку он более дешевый и компактный.

В пластинчатом рекуператоре вытяжной и приточный воздушные потоки проходят с разных сторон пластин, набранных в ряд, и (в идеальном случае) не смешиваются между собой. Практически же вероятность утечки существует, и, к сожалению, она нередка. Эффективность такого рекуператора достаточно высока – до 70 %.

Роторный рекуператор

Рекуперация воздуха в приточно-вытяжных системах с роторным рекуператором осуществляется за счет вращения ротора между приточным и вытяжным воздушными потоками. Так как система открыта, то постоянно присутствует возможность смешивания двух потоков и, как следствие, попадания обратно в помещение неприятных запахов и пыли. КПД роторного рекуператора значительно выше, чем у пластинчатого, – до 85 % [2].

Таблица 1.

Сравнительный анализ

Тип рекуператоров	Эффективность	Потребляемая мощность, Вт	Расход воздуха, м^2/ч	Обмерзание	Потери давления, Па
Пластинчатый	85	1760	1700–2560	образование наледи	3360
Роторный	70	350–800	3500–24000	практически не обмерзает	150

Сравнивая роторные рекуператоры и пластинчатые, имеющие двойные кассеты, можно заметить, что у роторного КПД ниже. Однако роторный можно использовать как осушитель (особенно это важно в помещениях с высокой влажностью), при том, что он имеет невысокий уровень потребления энергии. Потребляемая мощность у роторного ниже, чем у пластинчатого. Из главных недостатков следует отметить высокую стоимость и сложные механизмы, которые нуждаются в регулярном и частом сервисном обслуживании.

Литература

1. http://www.aqualand.org/cntnt/ventilyachiya_basseynov.html
2. Установка рекуперации тепла – конструкция рекуператора. Производство рекуператоров. М., Энергоатомиздат, 1987.
3. Барановский Р.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М., Машиностроение, 1973.
4. Спр. по расчетам гидравлических и вентиляционных систем.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ НОВОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СОЛОМЫ, ОТХОДОВ ПЕНОПЛАСТА И СВЯЗУЮЩЕГО КАУЧУКА

Ключников О.Р.,
ООО «Олепластика», г. Казань,
Мартьянов Н.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

NEW STUDY INSULATING PROPERTIES OF HEAT-INSULATING MATERIAL BASED ON STRAW, WASTE FOAMS AND COMMUNICATION RUBBER

Klyuchnikov O.R.,
Aluplastik, LLC, Kazan
Martyanov N.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Было определено значение коэффициента теплопроводности (λ) нового материала на основе соломы, крошки пенопласта и каучука. Сделан вывод о перспективе нового материала в качестве теплоизолирующего покрытия.

Annotation

It was determined the value of the coefficient of thermal conductivity (λ) of the new material based on straw crumb foam and rubber. It is concluded that the future of the new material as an insulating coating.

Экспериментальная часть

В связи с получением отходов пенопласта от упаковок бытовой техники возникла идея утилизации пенопласта в материале типа солома-каучук [1]. Нами были проведены эксперименты по изготовлению таких образцов и исследование их теплоизоляционных свойств [2, 3]. На рисунке 1 показан опытный образец материала типа солома-пенопласт-каучук.

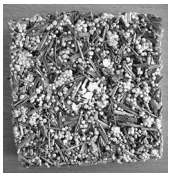


Рис. 1. Образец типа солома-пенопласт-каучук

С использованием данного образца был проведен эксперимент на приборе ИТС-1 по определению коэффициента теплопроводности. Среднеарифметическое значение теплопроводности равно λ= 0,052 Вт/м К.

Вывод

На основе проведенных исследований можно сделать вывод об определенной перспективе нового материала на основе соломы, крошки пенопласта и каучука в качестве теплоизолирующего материала.

Работа была поддержана и финансирована Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, номер контракта 11881 р / 21596.

Литература

1 Мартьянов Н.А., Сунгатуллин Р.Г., Ключников О.Р. Перспективы применения соломы в качестве компонента теплоизоляционного материала – «Национальный конгресс по энергетике. – Казань: КГЭУ; 2014. – Том 3. 236-239 с.
2. ГОСТ 25380-82. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.
3. ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Гафаров И.Г.,
ООО «Научно-внедренческая фирма «РЕНАРИСОРБ», г. Москва,
Абдуллин И.Ш.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
Паскалов Г.З.,
Plasma Microsystem LLC, США
Монг Т.Х.,
Applied Energy Microsystem Asia Pte Ltd, Сингапур,
Аджарова Л.,
Energy Agency of Plovdiv/EAP, Болгария

APPLICATION OF LOW-TEMPERATURE PLASMA FOR ENERGY PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES

Gafarov I.G.,
Scientific-Development Company «RENARISORB Ltd.», Moscow
Abdyllin I.Sh.,
Kazan National Researches Technological University, Kazan
Paskalov G.,
Plasma Microsystem LLC, USA
Mong T.H.,
Applied Energy Microsystem Asia Pte Ltd, Singapore
Adjarova L.,
Energy Agency of Plovdiv/EAP, Bulgaria

Аннотация

В работе представлены результаты кооперации научных организаций России, Европы, США и Юго-Восточной Азии по вопросам производства энергии из возобновляемых источников энергии. Технология базируется на использовании в качестве инструмента воздействия низкотемпературной плазмы в сочетании с термической обработкой. Метод позволяет получать энергию из различных отходов, например, из зерновых сельскохозяйственных производств, медицинских отходов различных классов, других твердо-бытовых отходов. В работе представлены результаты сотрудничества на примере исследований переработки резиновой крошки из отработанных шин для получения синтез-газа и технического углерода.

Annotation

The results of cooperation of scientific organizations in Russia, Europe, USA and South-East Asia on energy production from renewable energy sources are presented. The technology is based on low-temperature plasma in combination with heat treatment. The method allows obtaining energy from various wastes, such as agricultural waste, medical wastes of different types, and other solid waste. As an example the paper presents the results of joint cooperation on the studies of syngas, carbon black and energy generation based on processing of waste tires.

Введение

Анализ технологического и экономического потенциала развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) показывает, что доля ВИЭ в России может составить до трети в производстве электроэнергии и до половины от общего объема производства тепла [1]. В условиях экономического кризиса перспективы различных видов ВИЭ, скорее всего, окажутся более скромными. Однако развитие ВИЭ является одним из приоритетных направлений развития страны. Аналитики

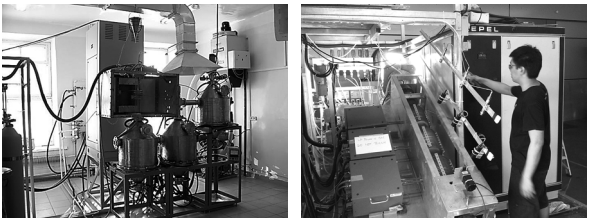
отмечают наращивание высоких технологий в этой области, в том числе для снижения экологической нагрузки, например, путем переработки твердых бытовых отходов и остатков сточных вод. Одной из перспективных технологий для решения этих проблем является низкотемпературная плазма высокочастотных разрядов. Обладая относительной простотой технической реализации, этот тип разряда позволяет создавать однородную плазму высокой плотности в больших объемах и в широком диапазоне температур, демонстрируя при этом прекрасную масштабируемость [2,3]. Высокочастотные плазмотроны индукционного и емкостного типа относятся к плазмотронам «безэлектродного» типа, не требующим расходных электродов и поэтому имеющим практически неограниченный режим работы. Кроме того, отсутствие эрозии электродов не загрязняет получаемый продукт, что весьма важно для ряда технологических процессов.

Исполнители работы

Казанский национальный исследовательский университет (КНИТУ) обладает одним из лучших в России парков плазменного оборудования и сотрудничает с российскими и зарубежными научными организациями в разработке и внедрении различных технологий с использованием плазмы. Научно-внедренческая фирма «РЕНАРИСОРБ» (г. Москва) и Plasma Microsystem LLC (США) являются разработчиками ряда плазменных технологий в области ВИЭ. С 2013 года КНИТУ и Energy Agency of Plovdiv/Энергетическое агентство в Пловдиве (ЕАР) разрабатывают совместные научно-технические программы по энергоресурсосберегающим технологиям, по расширению областей применения отходов растительного происхождения после плазменной переработки для получения биотоплива, сорбентов различного назначения. Обе организации обладают современной приборно-аналитической базой для проведения анализов и испытаний полученных продуктов по плазменной технологии, что позволяет проводить всестороннее изучение свойств получаемых продуктов. У партнеров из ЕАР имеется опыт аналитических исследований по сырьевой базе в Европе для выполнения исследований по тематике ВИЭ. Компания Applied Energy Microsystem Asia Pte Ltd (AEM) создала опытно-промышленную установку для переработки твердых отходов плазмо-термическим способом с целью получения синтез-газа и технического углерода. В КНИТУ также имеется аналогичная плазменная установка, что позволяет расширить совместные с AEM исследования. Со всеми организациями-партнерами КНИТУ заключила договоры о совместной научно-исследовательской деятельности.

Описание установки

В работе представлены результаты работ плазмо-термической переработки отходов, получаемых при утилизации отработанных шин, на высокочастотных установках индукционного типа (рис. 1), созданных КНИТУ (Россия) и компанией AEM (Сингапур).

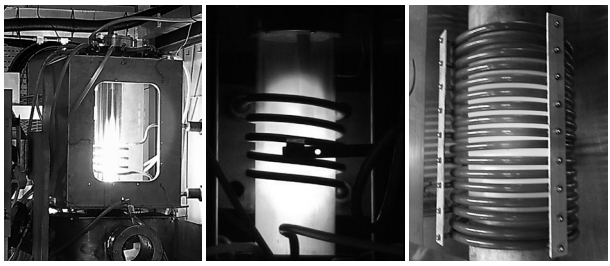


а) *б)*

Рис. 1. Экспериментальные установки КНИТУ (а) и AEM (б)

Используются высокочастотные индукционные плазмотроны с разными разрядными камерами (РК): металлическая РК с водяным охлаждением и кварцевая РК с воздушным охлаждением (рис. 2 а) и б) соответственно). Частота ВЧ-генераторов 1,76–2 МГц, мощность 90–160 кВт. Термический нагрев реализован низкочастотным (НЧ) индукционным нагревом реактора. Частота НЧ нагрева 20–40 кГц, мощность НЧ-генератора 15 кВт.

При переработке твердых отходов подразумевается использование в качестве сырья материалов различной физической природы. Режимы их обработки могут отличаться значительно по температуре процесса, по количеству используемой в реакции энергии. Поэтому установки спроектированы по блочно-модульному принципу. Такое построение установок позволило осуществлять различные комбинации подключения технологического оборудования и установления технологических режимов в зависимости от постановки задач, например, использовать для переработки энергию только ВЧ-плазмотрона или энергию только НЧ нагрева. При необходимости используется комбинированная обработка (ВЧ+НЧ) (рис. 1б и рис. 2). Этот принцип обеспечивает гибкость оборудования за счет трансформирования внешней и внутренней структуры установки в зависимости от её назначения. Температура процессов может регулироваться от 500 °С до 5000 °С.



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Варианты плазмо-термической обработки крошки резины:
а) металлическая РК плазмотрона, б) кварцевая РК плазмотрона в) термическая обработка

На установках проведены исследования переработки резиновой крошки отработанных шин. В исследованиях подачу резиновой крошки проводили в разрядную камеру ВЧ индукционного плазмотрона или в плазменную струю. Последний вариант оказался предпочтителен, т.к. при этом не загрязняется разрядная камера плазмотрона. При взаимодействии плазмы с резиновой крошкой образуется технический углерод и выделяется синтез-газ.

Результаты и обсуждение

В работе исследованы энергетический и материальный балансы проводимых технологических процессов. Калориметрические исследования показали, что к.п.д. ВЧИ-плазмотронов составил 57–65 %. Исследования энергетических характеристик установки показали, что в реакционной зоне достигается мощность до 75 кВт. В данной работе использовалась мощность в разряде 15–40 кВт. Определены режимы, при которых выделяются традиционные продукты переработки шин: синтез-газ, жидкая фракция, технический углерод. Определены также режимы, при которых выделяется только синтез-газ и технический углерод. Анализы показали, что в последнем случае энергоемкость синтез-газа становится выше и увеличивается наноразмерная фракция технического углерода.

В работе исследовались следующие параметры полученного технического углерода (carbon black):

- йодное число;
- абсорбция дибутилфталата;
- РН водной суспензии;
- массовая доля потерь при 125 °С;
- зольность;
- массовая доля общей серы;
- насыпная плотность.

Элементный состав технического углерода представлен в таблице 1 для образцов (1–6), полученных различными способами и в разных режимах переработки. Метод исследования /research

method/: X-ray fluorescence analysis. Используемый прибор/instrument type/: SUR–02 "Renom FV). Применение комбинаций плазмо-термического воздействия на резиновую крошку позволяет гибко управлять параметрами получаемого технического углерода (таблица 1).

Таблица 1.

Элементный состав технического углерода

Element	Sample No.					
	1	2	3	4	5	6
Zn	4.5	1.4	4.5	4.3	0.3	0.7
Fe	0.3	1.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Cu	0.06	0.2	0.07	0.05	0.02	0.02
Br	0.3	0.2	0.13	0.11	0.07	0.09
S	4.3	5.4	4.2	4.6	8.5	8.3
K	0.2	0.3	0.2	0.12	–	–
Ca	0.3	0.8	0.4	0.4	0.6	0.5
Cr	–	0.15	–	–	0.12	0.06

При преимущественно плазменном воздействии (образцы 5–6) резко снижается содержание металлических включений в техническом углероде, которые находятся в сырье (резиновая крошка) после крошения отработанных шин. Йодное число (Iodine Adsorption number) составляет 30–50 г/кг, что соответствует по международной квалификации маркам технического углерода № 650, 660, 539, 550.

Выводы

Преимуществом разработанного способа является возможность приспособления оборудования к переменным нагрузкам по сырью и к различным физико-химическим свойствам перерабатываемых систем. Применение плазменной составляющей по представленной технологии позволяет получать технический углерод с большей нанодисперсной фракцией, что повысит эксплуатационные характеристики, например, резинотехнических изделий при использовании такого технического углерода в качестве добавки. Анализы показали, что энергоемкость получаемого синтез-газа при плазменном воздействии на сырье выше, чем при использовании только термической обработки. Технический углерод, полученный в работе, по своим свойствам соответствует существующим стандартам ГОСТ (РФ) и ASTM (США) на технический углерод, производимый из природного газа. Как показали экспериментальные исследования полученных образцов, по своим потребительским свойствам полученный технический углерод можно успешно применять для производства лакокрасочных, резинотехнических изделий и в качестве сорбента.

Литература

1. Малахов В.А., Дильман М.Д. В кн.: Россия-2014. Детальный обзор энергетической политики Международного энергетического агентства. Взгляд из России. Комментарии российских экспертов к публикации МЭА. М.: ФГБУ Российское энергетическое агентство Министерства энергетики РФ, 2014. С. 78–86.
2. Рутберг Ф.Г., Кузнецов В.А.. Энергия из отходов [Электронный ресурс]// URL: http://www.proatom.ru/modules. (дата обращения 27/01/2014).
3. Abdullin I., Khubatkhuzin A., Khristoliubova V., Gafarov I. Increase of Hardness and Physical Mechanical Properties of Metals and Alloys with the Help of RF-plasma of Low Pressure. – J//// News of Science and Education. Ecology. Agriculture. Physics. Chemistry and Chemical. Technology// № 20 (20), 2014, ISSN 2312-2773, Sheffield, UK – p. 63–68.

РАЗРАБОТКА ГЛУШИТЕЛЯ-НЕЙТРАЛИЗАТОРА ШУМА НА ОСНОВЕ «ПСЕВДОКИПЯЩЕГО» СЛОЯ ДЛЯ ДВС МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Павлов Г.И., Теляшов Д.А., Халиулин Р.Р., Суховая Е.А., Ахметшина А.И., Сиразиева Р.Р.,
ФРГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

DEVELOPMENT OF THE MUFFLER-CONVERTER NOISE ON THE BASIS OF «FLUIDIZED» FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF SMALL CAPACITY

Pavlov G.I., Telyashov D.A., Haliulin R.R., Sukhovaya E.A., Ahmetshina A.I., Sirazieva R.R.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В данной работе предложен принципиально новый глушитель-нейтрализатор шума на основе «псевдокипящего» слоя для ДВС малой мощности, который обеспечивает эффективное глушение шума и нейтрализацию выбросов вредных веществ, и основная идея которого заключается в том, что звуковая энергия будет рассеиваться и переходить в тепловую за счет трения о сферические гранулы, а нейтрализация вредных веществ будет осуществляться либо с помощью катализатора, нанесенного на поверхность гранул, либо системой озонирования. Данный глушитель-нейтрализатор будет представлять собой комбинированный тип (сочетание активного и реактивного сопротивления).

Annotation

In this work we propose a fundamentally new muffler-converter noise on the basis of «fluidized» for internal combustion engine of small capacity, which provides effective attenuation of noise and neutralization of harmful emissions. The main idea of which is the diffusion and transfer of sound energy into heat by friction of the spherical granules, and neutralization of harmful substances will be carried out either by using a catalyst supported on the surface of granules or by ozonation system. This muffler- converter will be a combination type (a combination of active resistance and reactive resistance).

В настоящее время ДВС малой мощности имеют широкое распространение в повседневной жизни человека, используются в его различных сферах жизни: в бытовых целях, в промышленном использовании, в мини-электростанциях, двухколесных средствах передвижения, садово-огородной технике и т.п. Однако они (ДВС), помимо облегчения труда людей, являются источниками токсичных выбросов вредных веществ и шумового загрязнения. Так, исследования медицины показывают, что отдельные выбросы ДВС вызывают головокружение, боли в области сердца, раздражение слизистых поверхностей, разрушение эритроцитов крови, а повышенный уровень шума способствует развитию нервно-психических заболеваний и гипертонической болезни. Поэтому необходим комплекс мер по нейтрализации выбросов вредных веществ и снижению шума ДВС.

Данные проблемы может решить современный глушитель-нейтрализатор шума ДВС малой мощности, новизна которого заключается в использовании эффекта «псевдокипящего» слоя, обеспечивающего эффективное глушение шума с минимальным противодавлением в камере глушителя на различных режимах работы двигателя. Одним из вариантов нейтрализации вредных выбросов в отработавших газах предполагается использование системы озонирования, подводимой в выхлопную систему ДВС. Известны труды по впрыску озона одновременно с водой в цилиндры и/или в турбонаддув с целью уменьшения вредных выбросов в отработавших газах ДВС. Получены положительные результаты, и исследования в этом направлении продолжаются. Также существует другое решение проблемы обезвреживания вредных веществ отработавших газов ДВС – нанесение катализатора на поверхность сферических гранул.

В данной работе использовались аналитический и экспериментальный методы. В аналитическом методе применялся газодинамический расчет гидравлического сопротивления глушителя-нейтрализатора (рис. 1) [1, 2], компьютерное моделирование и расчет газодинамических параметров глушителя-нейтрализатора с помощью программного комплекса Ansys Fluent версии 6.3. В ходе экспериментов был использован безмоторный испытательный стенд (БИС), на котором проводились исследования газодинамических и акустических характеристик глушителя-нейтрализатора [3, 4]. При обработке акустических сигналов применялся измерительный комплекс ЭКОФИЗИКА.

Объект исследования

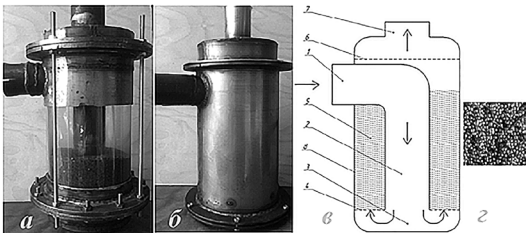


Рис. 1: а) общий вид глушителя-нейтрализатора с визуализированным участком; б) общий вид глушителя-нейтрализатора; в) техническая схема глушителя-нейтрализатора; г) звукопоглощающий материал (гранулы d = 2 мм)

Принцип работы глушителя заключается в следующем: сначала выхлопные газы поступают во входной патрубок (1), затем в трубу (2), которая идет к коллектору (3), после чего поток газа выравнивается через решетку (4), которая одновременно выполняет роль удержания гранул (звукопоглощающего материала) (5), далее газ проходит еще через одну решетку (6), которая играет роль ограждения от уноса гранул из камеры глушителя, и выходит через патрубок (7) в окружающую среду.

В результате расчета в программном комплексе Ansys Fluent было исследовано влияние гранул на скорость потока в рабочей камере глушителя (рис. 2, 3):

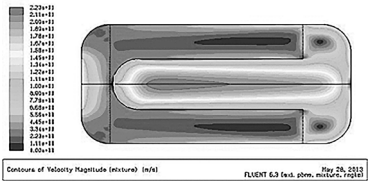


Рис. 2. Распределение скорости в глушителе-нейтрализаторе без гранул

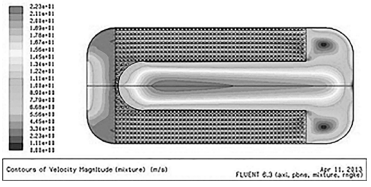


Рис. 3. Распределение скорости в глушителе-нейтрализаторе с гранулами (фиксированными)

Исследование акустических и гидродинамических характеристик глушителя-нейтрализатора (таб. 1, 2, рис. 4, 5).

Таблица 1.

Скорость газового потока

Без глушителя	30 м/с
С пустым глушителем	19,9 м/с
С наполненным глушителем (320 мл)	16,2 м/с
С наполненным глушителем (625 мл)	13,6 м/с

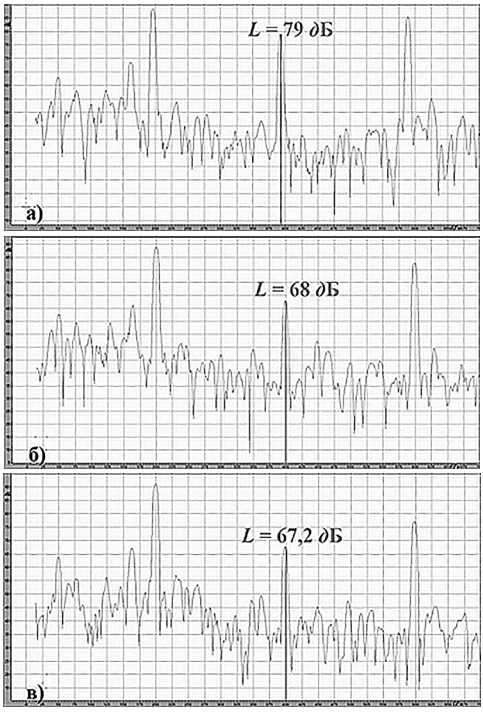


Рис. 4. Спектры акустического сигнала на частоте 400 Гц: а) пустой глушитель; б) наполненный глушитель (320 мл); в) наполненный глушитель (625 мл)

Таблица 2.

Сводная таблица полученных результатов

Частота f, Гц	Уровень шума пустого глушителя, дБ	Уровень шума глушителя с гранулами V = 320 мл, дБ	Уровень шума глушителя с гранулами V = 625 мл, дБ
100	78,7	77,5	77,6
200	86,1	85,1	86,7
300	83	80	83
400	79	68	67,2
500	79,2	79	78,4
600	86,7	76,5	82,9

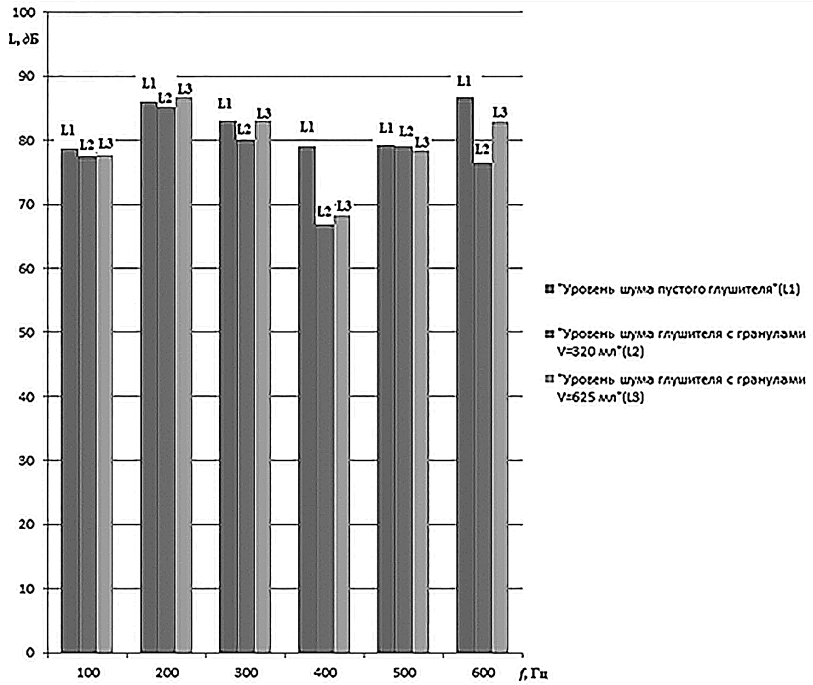


Рис. 5. Сводный график зависимости уровня шума от вынуждающей частоты

Выводы

По итогам полученных результатов было проведено сравнение двух методов исследований. Результаты акустических исследований показали, что уровень звукового давления (шума) у стандартного глушителя выше, чем у нового. Предлагаемое устройство практически не влияет на падение мощности ДВС. Расчёты, проведенные в программном комплексе Ansys Fluent версии 6.3, показали, что параметры газового потока в тракте движения газов распределяются равномерно. Из картины спектров акустического сигнала планируется выявить «энергонесущие» частоты, амплитуды которых необходимо уменьшать.

Литература

1. Виноградов Б.С. Прикладная газовая динамика. – Москва: Для учебных заведений;1980. – С. 270–298.
2. Мухленова И.П., Сажина Б.С., Фролова В.Ф. Расчёты аппаратов кипящего слоя. – Ленинград: Химия; 1986. – С. 7–55.
3. Скобцов Е.А., Изотов А.Д., Тузов Л.В. Методы снижения вибраций и шума дизелей. – Москва, Ленинград: Машиностроение; 1962. – С. 52–68.
4. Забродский С.С. Гидродинамика и теплообмен в псевдоожиженном слое. – Москва, Ленинград: Госэнергоиздат; 1963. – С. 33, 94, 101, 167, 180, 221.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ БИОДЕСТРУКЦИИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ БИОРЕАКТОРА ПО ХПК И С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗОК

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

DETERMINATION OF THE SPECIFIC RATE OF BIODEGRADATION AND OXIDATIVE CAPACITY OF THE BIOREACTOR COD AND TAKING INTO ACCOUNT THE FACTOR OF UNEVEN LOADS

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Предлагается удельную скорость биодеструкции и окислительной мощности биореактора, являющихся основными параметрами процесса биоочистки, определять по ХПК и с учетом коэффициента неравномерности концентраций поступающих в биореактор сточных вод. Данные изменения позволят более объективно идентифицировать указанные параметры и более оперативно вносить корректирующие действия в регулирование технологическим режимом.

Annotation

It is proposed specific rate of biodegradation and oxidative capacity of the bioreactor, which are the main parameters of the process bioremediation, to determine COD and taking into account the factor of uneven concentration entering the bioreactor wastewater. These changes will allow more objectively identify the parameters and more quickly make corrective actions in the regulation of technological regime.

Удельная скорость биодеструкции – количество снятых загрязнений единицей (мг, г) беззольного (органического) вещества активного ила (АИ) в конкретных условиях ведения процесса в единицу времени (ч, сут).

Удельная скорость биодеструкции характеризует сущность биохимического окисления загрязняющих веществ (ЗВ) сточных вод (СВ) биоценозом активного ила и является одним из основных технологических параметров, определяющих эффективность биотехнологии в конкретных заданных условиях на входе в биореактор (аэротенк, окситенк, биофильтр) и после биореактора [2].

Удельная скорость биодеструкции ($r_c^{хпк}$) производственных сточных вод предпочтительнее определять по интегральному показателю, индентифицирующему присутствие в СВ практически всех органических и минеральных загрязнений – ХПК. Рассчитываемая в соответствии с методикой СНиП 2.04.03-85 «Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения» удельная скорость биоокисления на основе БПК применима для бытовых СВ, так как не учитывает трудноокисляемые загрязнения, присутствующие в той или иной концентрации в промышленных стоках [1].

Величина удельной скорости биоокисления зависит от концентрации, токсичности, фазового состояния, способности к биохимическому окислению загрязнений, степени адаптированности микроорганизмов активного ила к вышеуказанным параметрам загрязнений, коэффициента неравномерности поступающих стоков по концентрациям загрязнений (ХПК и др.), превышения концентрации загрязнений в исходных стоках свыше регламентных норм (аномальных сбросов), возраста и дозы АИ, абиотических технологических параметров в биореакторе – гидроаэродинамических условий, температуры, pH, концентрации растворенного кислорода и биогенных элементов, степени рециркуляции АИ, объема регенерационной зоны.

Одной из основных технологических характеристик всей системы биотехнологии, определяющей эффективность снятия загрязнений, является окислительная мощность биореактора.

Окислительная мощность аэрационного сооружения ($B_{v,хпк}$) – количество загрязнений, снимаемых в единицу времени массой АИ, находящегося в единице объема сооружений.

Окислительная мощность может определяться по ХПК, БПК или какому-либо отдельному приоритетному веществу, но наиболее объективным является определение по интегральному показателю ХПК, ибо в данный показатель входят все органические (за исключением азотосодержащих соединений) и большинство неорганических веществ. Кроме того, вычисленное значение окислительной мощности по отдельному веществу может значительно отличаться от фактической окислительной мощности биореактора ввиду присутствия в субстрате других поллютантов (особенно разнообразен по составу производственный сток) и эффектов синергизма, аддитивности, усиливающих токсическое воздействие на биоценоз активного ила.

Методика определения удельной скорости биодеструкции и окислительной мощности биореактора

Средняя нагрузка на активный ил совершенно не свидетельствует о том, что все загрязняющие вещества будут сняты в процессе биоочистки. Конечно, степень биоочистки будет зависеть от нагрузки на ил, но в значительной мере будет определяться скоростью биодеструкции. При низкой скорости биодеструкции для достижения требуемой очистки на выходе из биореактора вынуждены увеличивать время аэрации, что в свою очередь вызовет снижение нагрузки на ил. А снижение нагрузки на ил вызовет необходимость увеличения рабочей дозы ила в биореакторе.

Поэтому для оперативного регулирования биотехнологией с целью обеспечения эффективной очистки необходимо определить удельную скорость биоокисления $r_c^{хпк}$, которая может быть определена по формуле [4]:

$$r_c^{хпк} = (ХПК^{вх}_{ср.} - ХПК^{вых})/[X_в(1 - S_{аи})t_{at}] - \exp(k_н^{хпк}), \quad (1)$$

где $ХПК^{вх}_{ср.}$ – ХПК сточной воды среднеарифметическое между максимальным и минимальным значением в разовых пробах за время нахождения СВ в сооружениях предварительной (механической и (или) физико-химической) очистки (может быть 1-6 часов): $ХПК^{вх}_{ср.} = (ХПК^{вх}_{max} + ХПК^{вх}_{min})/2$; $ХПК^{вых}$ – ХПК разовое сточной воды на выходе из биореактора; $X_в$ – концентрация активного ила (биомассы) в биореакторе, мг/дм^3 или г/м^3; $S_{аи}$ – зольность ила, доли единицы; tat – время нахождения субстрата в биореакторе (время аэрации), час; $k_н^{хпк}$ – коэффициент неравномерности нагрузок, определяется по формуле [4]:

$$knхпк=(ХПК^{вх}_{max}+ХПК^{вх}_{min})/ХПК^{вх}_{регл}, \quad (2)$$

где $ХПК^{вх}_{max}$, $ХПК^{вх}_{min}$ и $ХПК^{вх}_{регл.}$ – соответственно ХПК в разовой пробе перед биореактором максимальное, минимальное и регламентное. Коэффициент knхпк может иметь различные значения, величина которого пропорциональна нагрузке на биоценоз АИ (knхпк ≤ 1,0 – нагрузка равномерная; knхпк ≥ 1,0 – нагрузка неравномерная).

Окислительная мощность биореактора (или объемная нагрузка на биореактор) Bv,хпк может быть вычислена по формуле [5]:

$$Bv,_{хпк} = 24 \cdot X_в(1 - Sаи) \cdot r_c^{хпк}, \quad (3)$$

Окислительная мощность биореактора характеризует пропускную способность биореактора по массе ЗВ, которая обеспечивается при условии выполнения заданной проектом или технологическим регламентом эффективности биодеструкции.

Литература

1. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод/учебник для вузов: – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
3. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с. – ISBN 5-901652-05-3/
4. Кирсанов В.В. Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: монография/Под ред. проф. Глебова А.Н. Казань: Изд-во Казан.гос.техн.ун-та, 2010, 264 с.
5. Кирсанов В.В. Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды. Т.I. Процессы и аппараты защиты гидросферы/Кирсанов В.В. – Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 496 с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ВИХРЕВОЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Гумерова Г.И., Гоголь Э.В., Мингазетдинов И.Х.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ENERGY EFFICIENCY VORTEX DUST COLLECTOR TO CLEAN UP EMISSIONS FROM DIFFERENT INDUSTRIES

Gumerova G.I., Gogol E.V., Mingazetdinov I.H.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Предложенный вихревой пылеуловитель характеризуется высокой степенью эффективности пылеулавливания (98–99 %). Конструкция пылеуловителя позволяет подстраивать параметры его работы под изменяющиеся условия производства. По проведенным расчетам, размеры полностью уловленных частиц пыли составляют доли микрометра, что позволяет рекомендовать данный пылеуловитель для разных типов производств.

Annotation

Proposed vortex dust collector has a high degree of dust collection efficiency (98–99%). Dust collector design allows you to adjust the parameters of its work under the changing conditions of production. By determining the amount of trapped dust particles completely make up a fraction of micrometer that allows you to recommend this dust collector for different types of industries.

Загрязнение окружающей среды идет по трем направлениям: загрязнение атмосферы, загрязнение гидросферы, загрязнение литосферы. Попадая в окружающую среду, загрязнения рассеиваются, и их нейтрализация представляет большую сложность. Поэтому целесообразно производить нейтрализацию выбросов непосредственно в месте их образования, т.е. на предприятии.

Одно из основных загрязнений атмосферы – это образование пыли. Пыль является одним из приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха. Регулирование и нейтрализация ее негативного воздействия подразумевает создание и управление эффективной системой пылеулавливания [1].

По этой причине для очистки воздуха в процессе производств используются различные очистные устройства. С одной стороны, они предназначены для обеспечения гигиенических норм воздуха рабочей зоны, с другой стороны – для предотвращения загрязнения атмосферы. Эти очистные устройства встраиваются в систему вентиляции, которая наряду с очисткой производит и приток чистого воздуха в производственное помещение. Эти устройства обычно имеют заданные параметры, которые не могут быть изменены, в то время как количество выбросов может меняться, например, в процессе расширения производства.

Стремление максимально удалить пыль от места ее образования приводит к тому, что в отсасываемом воздухе находятся во взвешенном состоянии частицы с размерами от нескольких сантиметров до нескольких десятков микрон. Во многих производственных процессах собственно пыль, т. е. частицы с размерами $d_ч > 200$ мкм, составляют небольшую долю от общей массы образующихся частиц. Преобладание весьма крупных с точки зрения пылеулавливания фракций нередко приводит к неверному выводу о простоте решений по пылеулавливанию. При этом не учитывается, что из-за высокой интенсивности пылеобразования содержание наиболее мелких фракций может быть настолько значительным, что использование обычно применяемых для пылеулавливания циклонов не позволит обеспечить нормативы НДВ. Более эффективными в этом отношении являются мокрые пылеуловители и вихревые пылеуловители. Мокрое пылеулавливание для очистки от некоторых видов пыли

непригодно, так как приводит к налипанию частиц пыли на стенках устройства очистки. В этом смысле вихревые пылеуловители более предпочтительны, а степень очистки воздуха с их помощью равна мокрому пылеулавливанию. Но стоит отметить, что эффективность вихревых аппаратов с увеличением диаметра пылевых частиц снижается. В качестве вторичного газа в вихревых пылеуловителях могут быть использованы атмосферный воздух, периферийная часть потока очищенных газов и запыленные газы. С экономической точки зрения наихудшим является вариант с использованием атмосферного воздуха. Однако он представляется оправданным при необходимости охлаждения запыленных газов. Наиболее выгодным в экономическом отношении является использование в качестве вторичного газа запыленных газов. В этом случае производительность аппарата повышается на 40–65 % без заметного снижения степени очистки [2].

К тому же существующие аппараты и устройства очистки воздуха имеют заданные неизменные параметры. Как следствие, при изменении технологического процесса приходится дополнительно приобретать новые устройства, что резко увеличивает затратность природоохранных мероприятий. Все это послужило предпосылкой к разработке вихревого пылеуловителя, конструкция которого позволяет менять технические характеристики функционирования и использовать в качестве вторичного газа запыленный воздух.

Проект относится к области инжиниринга (инженерного управления) охраны атмосферного воздуха путем экономически и экологически эффективного регулирования пылеулавливания и очистки вентиляционных выбросов в машиностроительной, химической, строительной и других отраслях промышленности. Инжиниринг атмосферного воздуха – это регулирование выбросов загрязнителей атмосферы и нейтрализация их негативного воздействия на окружающую среду.

В качестве прототипа при разработке устройства очистки был выбран вихревой пылеуловитель по патенту № RU 2 205 058 C2. В эту конструкцию были внесены изменения, которые позволяют улучшить эффективность и гибкость встраивания в систему очистки (рис. 1).

Технический результат достигается тем, что в предложенном вихревом пылеуловителе, содержащем цилиндро-конический корпус 1 с входными 2 и выходным 3 патрубками, пылесборную камеру 10 с клапаном-мигалкой 14 и центральный завихритель 4 с тангенциальным подводом, последний выполнен с возможностью осевого перемещения относительно цилиндро-конического корпуса. Центральный завихритель имеет цилиндрическую форму, а торцы цилиндра выполнены в виде усеченных конусов. При этом тангенциальный подвод запыленного воздуха организован в цилиндрической части центрального завихрителя через патрубок с гибким элементом 6. Центральный завихритель содержит на своем выходе лопаточный завихритель 5. Механизм осевого перемещения центрального завихрителя представляет собой реечную передачу 11, связанную через патрубок с центральным завихрителем.

Сущность полезной модели. Устройство состоит из цилиндро-конического корпуса, в верхней части которого расположен выходной патрубок и входной патрубок тангенциального подвода газа. В корпусе коаксиально расположен центральный завихритель, в верхней части которого установлен лопаточный завихритель. Тангенциальный подвод запыленного воздуха организован в расширенной части центрального завихрителя через патрубок с гибким элементом. К нижней части центрального завихрителя закреплен патрубок, установленный в узле крепления, который состоит из кольцевой части и нескольких плоских боковых спиц, соединенных одними концами со стенками пылесборной камеры, а другими – с кольцевой частью. Патрубок имеет возможность осевого перемещения в кольцевой части узла крепления. Перемещение осуществляется реечной передачей. Для предотвращения попадания пыли на реечную передачу к центральному завихрителю своей верхней частью присоединен кожух, нижняя часть которого прикреплена к плоским боковым спицам. Кожух имеет гибкий элемент, позволяющий изменять высоту кожуха в зависимости от перемещения патрубка в кольцевой части узла крепления.

Вихревой пылеуловитель работает следующим образом. Предварительно производится регулирование положения центрального завихрителя в зависимости от общего объема воз-

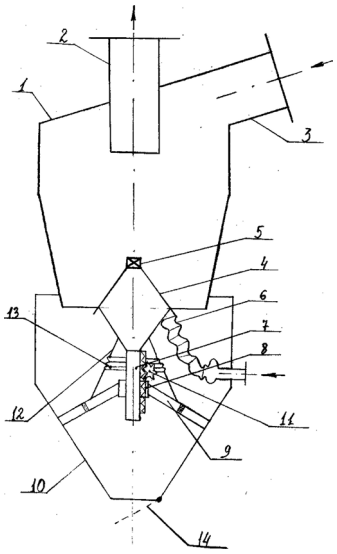


Рис. 1. Энергоэффективный вихревой пылеуловитель

духа, поступающего на очистку. Регулирование производится перемещением рейки реечной передачи. После этого запыленный воздух подается через патрубок в верхней части вихревого пылеуловителя и патрубок с гибким элементом. В корпусе вихревого пылеуловителя за счет тангенциального подвода воздуха образуется вихрь, и пылевые фракции, отбрасываясь к стенке корпуса, сползают по стенке в пылесборную камеру. Одновременно в центральный завихритель подается воздух, который, закручиваясь за счет тангенциального подвода, поднимается вверх к лопаточному завихрителю, где приобретает дополнительную подкрутку. Закрученный газовый вихрь распространяется внутри основного вихря в корпусе, дополнительно подкручивая его.

Внутри центрального завихрителя пыль, отброшенная к стенкам, сползает в нижнюю коническую часть завихрителя и через патрубок ссыпается в пылесборную камеру, откуда периодически выгружается через клапан-мигалку. Ввод запыленного воздуха в пылеуловитель осуществляется через два патрубка, верхний и нижний, причем ввод в нижний патрубок регулируется шаровым краном, что приводит к перераспределению потоков.

Таким образом, в предложенном вихревом пылеуловителе закрученный центральный воздушный вихрь распространяется внутри основного вихря в корпусе, интенсифицируя степень его закрутки. Центральный завихритель выполнен с возможностью осевого перемещения для регулирования интенсивности и дальнобойности центрального вихря, причем отсутствует подсос пылевой фракции. Кроме того, регулирование эффективности возможно и путем перераспределения запыленного воздуха между верхним и нижним потоками. Предложенная нами конструкция повышает эффективность очистки с возможностью регулирования процесса на различных режимах.

На выходе из пылеуловителя предлагается установить пылемер. В зависимости от показаний пылемера осуществляется подстройка положения центрального завихрителя и перераспределение верхнего и нижнего потоков, что позволяет добиваться соблюдения технологических параметров пылеулавливания при изменении запыленности цеха в результате изменения рабочей нагрузки.

Был произведен расчет с целью определить конструктивные размеры, гидравлическое сопротивление и эффективность очистки пыли в вихревом пылеуловителе. Расчет проводили на основе методики, разработанной Шургальским Э.Ф. и Даниленко Н.В. [3].

Далее был сделан анализ влияния изменения размеров и параметров работы пылеуловителя на эффективность очистки воздуха от пыли. В качестве основного параметра при оценке эффективности работы пылеуловителя был взят размер частиц, полностью уловленных в установке очистки. В ходе проведенного анализа было выявлено влияние различных параметров конструкции пылеуловителя на эффективность его работы. Эти данные использовались для проведения оптимизации основных параметров конструкции. Оптимизация была проведена с помощью программы Excel – «Поиск решения». В качестве метода поиска решений был выбран метод Ньютона. Оптимизация шла по пути минимизации размеров полностью уловленных частиц. В результате на основании проведенных расчетов и анализа были получены основные размеры конструкции аппарата.

Конструкция предлагаемого вихревого пылеуловителя является гибкой в том смысле, что позволяет варьировать некоторые параметры технологического режима, в частности высоты рабочей зоны, что позволяет приспосабливать данный аппарат к изменяющимся условиям производства, не меняя общей производительности. Это достигается тем, что центральный завихритель имеет возможность осевого перемещения в пределах 0,2 м. Кроме того, поскольку у вихревого пылеуловителя имеется два входа, нами предусмотрено изменение соотношения верхнего и нижнего потоков за счет изменения положения заслонки на нижнем потоке. В результате этого оператор, получая сигнал от пылемера, подстраивает положение регулирующей заслонки и высоты рабочей зоны с целью уменьшения сигнала от пылемера.

В результате внедрения разрабатываемого вихревого пылеуловителя на предприятии будет обеспечена высокая степень очистки промышленного воздуха. Система обеспечивает адаптивность при изменении систем вентиляции и воздухоочистки, широкий диапазон регулирования эффективности очистки и возможность полной автоматизации наряду с низкой стоимостью оборудования. Внедрение предложенного нами пылеуловителя предполагает снижение содержания пыли как на месте использования, так и в выбросах производства. Это повлечет за собой улучшение санитарно-гигиенического состояния воздуха как на производстве, так и на близлежащих территориях.

Литература

1. Охрана окружающей среды / Под ред. Белова С.В. – М.: Высшая школа, 2007. – 264 с.
2. Ватин Н.И., Стрелец К.И. Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 65 с.
3. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1 – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой., 2003. – 917 с.

ОАО «ПОЗиС»: ПРИОРИТЕТ – ТОЛЬКО «ЗЕЛЕНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ

Мельникова Т.Н.,
ОАО «ПОЗиС», г. Зеленодольск

JSC «POZIS»: PRIORITY IS THE ONLY «GREEN» TECHNOLOGY

Melnikova T.N.,
JSC «POZIS», Zelenodolsk

Аннотация

С 2015 года холодильное производство ОАО «ПОЗиС» (POZIS, входит в НПК «Техмаш» госкорпорации «Ростех») начинает в полном объеме изготавливать холодильные приборы и торгово-медицинское оборудование в соответствии с требованиями Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой. Делая решительную ставку на экологичность производства, POZIS вносит весомый вклад в охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства «зеленой техники».

Annotation

With 2015 year refrigeration production JSC «POZIS» (POZIS in «SPC Fabrikam» Corporation Rustech) begins in full production of refrigeration devices and medical equipment in accordance with the requirements of the Montreal Protocol on substances that Deplete the ozone layer. Making a strong bet on the ecological production, POZIS makes a significant contribution to environmental protection and sustainable development of the production of «green technology».

В ОАО «ПОЗиС» ведется активная инновационно-инвестиционная политика, направленная на наращивание и модернизацию производства за счет внедрения новейших образцов оборудования и использования прогрессивных технологий и материалов.

Для достижения стратегических целей по завоеванию и поддержанию конкурентных преимуществ продукции на внешнем и внутреннем рынке необходимо соответствовать международным стандартам, в том числе и в области обеспечения экологической безопасности. Вопросы охраны окружающей среды являются приоритетными в деятельности общества. В современном мире забота об окружающей среде означает обеспечение экологической эффективности, снижение энергопотребления и руководство «зелеными» принципами при принятии деловых решений.

С 2015 года холодильное производство ОАО «ПОЗиС» начинает в полном объеме изготавливать холодильные приборы и торгово-медицинское оборудование в соответствии с требованиями Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой.

Напомним, проект освоения производства конкурентоспособной холодильной техники POZIS на основе энергоэффективных и безопасных для окружающей среды технологий стоимостью 474,1 млн рублей осуществлялся в сотрудничестве со специализированным учреждением ООН по промышленному развитию (ЮНИДО).

Реализация этого стратегического проекта позволила компании POZIS наладить производство «зеленой техники», увеличив ее энергоэффективность в среднем на 15 %, перспективы расширения рынков их сбыта, рост экспортного потенциала, в том числе за счет стран дальнего зарубежья. Но самое главное – это снижение потребления объема озоноразрушающих веществ на 240 тонн в год, что становится реальным доказательством экологической безопасности и конкурентоспособности современной продукции POZIS.

Из значимых событий 2014 года стоит отметить выпуск POZIS принципиально новой линейки холодильников с функцией Full no frost, а также завершение работы по переводу холодильного производства на экологически безопасные, «зеленые» технологии.

На предприятие была поставлена линия заливки шкафов, позволяющая осуществить технологическую возможность выпуска холодильной техники большей емкости (в т.ч. премиум-класса и типа «SBS») и торгового оборудования. Были подготовлены производственные и складские помещения, модернизированы имеющиеся или организованы новые производства, подключены необходимые системы и инженерные коммуникации. По сути, была перестроена вся технологическая цепочка холодильного производства, которая теперь отвечает требованиям энергоэффективности и стопроцентной экологической безопасности.

POZIS внедрил в производство новую линию порошкового напыления швейцарского производства. В числе несомненных достоинств инновационного подхода к процессам порошкового напыления на ОАО «ПОЗиС» – снижение трудоемкости производства за счет программы обработки каждого вида детали, затрат на энергетические ресурсы и расходной величины используемого сырья. Внедрение данной линии порошкового напыления позволяет компании увеличить процент нанесения порошка на изделие с 70 до 95 %. Немаловажно отметить, что при этом количество потерь сокращается до 5 %. Таким образом, новое оборудование имеет оптимальное решение как в технологическом плане, так и по экологическим показателям. Экономический эффект от внедрения автоматического комплекса в положительной динамике составляет более 30 % от финансовых затрат.

Одновременно специалистами компании разрабатывалась программа экологического перевооружения, включающая широкий комплекс исследовательских работ. Также проводилось повышение квалификации инженерно-технического персонала по «зеленым» технологиям. Обучение производилось с участием специалистов ЮНИДО и итальянских компаний.

В марте 2015 г. наш завод с рабочим визитом посетила делегация экспертов центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО. Эксперты высоко оценили деятельность POZIS во внедрении методологии «TEST». Это дает новые конкуретные преимущества нашей продукции, и мы намерены продолжить данную работу.

В рамках ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы» закончены строительно-монтажные работы в подразделениях ПСП корпус «Алмаз». Для сокращения расхода свежей воды на технологические нужды и снижения сброса вредных веществ со сточными водами приобретено оборудование для системы замкнутого водооборота на сумму 120,7 млн руб.

Проектом предусмотрена модернизация существующего парка оборудования как с точки зрения структуры технологического оборудования, так и технического уровня и функциональных возможностей.

Особое внимание уделено внедрению новых прогрессивных технологий и оборудования, обеспечивающих:

– современный мировой уровень автоматизации технологических процессов и высокую производительность;

– сокращение числа и продолжительности вспомогательных операций;

– энергоресурсосбережение.

В результате реализации проекта ожидается:

– повышение рентабельности производства на основе создания высокоавтоматизированного производства с использованием энергосберегающего технологического оборудования последнего поколения известных мировых производителей;

– сокращение сроков отработки и стоимости внедрения новых технологий при создании нового поколения спецпродукции;

– повышение эффективности и конкурентоспособности серийно изготавливаемой спецпродукции.

Для сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу проектом предусматривается оснастить высокоэффективным очистным оборудованием проектируемые источники выбросов:

– для очистки воздуха от гальванических ванн применены волокнистые фильтры типа

ФКГ с корпусом из полипропилена производства НПП «Фолтер», эффективность очистки не менее 96 %;

– линии окраски и лакировки состоят из трех герметичных камер окрашивания, которые снабжены вытяжной системой избытков распыления и «сухой» фильтрации типа «Columbus», внутри камеры находится синтетический, поглощающий краску фильтр;

– для очистки воздуха от растворителей линия окраски и лакировки оснащается угольными фильтрами, эффективность очистки 95 %;

– выбросы от автомата дуговой наплавки очищаются в фильтрах типа EF с трехступенчатой очисткой воздуха, эффективность составляет 94 %.

Для обеспечения снижения шумового загрязнения окружающей среды при работе технологического и вентиляционного оборудования проектом предусматривается:

– отделка производственных помещений звукопоглощающими материалами;

– установка резиновых амортизаторов для обеспечения снижения шума от работы транспортной системы в корпусах;

– для снижения шума, создаваемого вентиляционным оборудованием, все радиальные вентиляторы устанавливаются на виброизоляторы в отдельных венткамерах, имеющих звукопоглощающую облицовку, радиальные вентагрегаты соединяются с воздуховодами через гибкие вставки, на воздуховодах приточных и вытяжных систем устанавливаются шумоглушители.

В рамках ФЦП «Реструктуризация производственных мощностей ОАО «ПОЗиС» в 2014 году разработана проектная документация и получено положительное заключение Главгосэкспертизы Республики Татарстан. Проектом «Реализация комплекса мероприятий по реструктуризации промышленных мощностей на ОАО «ПОЗиС» предусматривается создание дополнительных очистных сооружений, что позволит снизить техногенную нагрузку на Куйбышевское водохранилище от ОАО «ПОЗиС». Воздействие намечаемой деятельности на компоненты окружающего мира (поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух) минимально. Изменения гидрометеорологических условий и гидрологических характеристик водных объектов в результате намечаемой деятельности не ожидается.

Важной задачей для достижения экономии электроэнергии в помещениях является правильное расположение источников света и их использование, а также грамотный выбор светильников. В качестве энергоэкономичных источников освещения для производственных, административных зданий предлагается использование люминесцентных ламп (ЛЛ) со светильниками ЛСПО 4*58, взамен существующих светильников ДРЛ, как наиболее экономичных и комфортных источников света.

На данный момент количество светильников ДРЛ, которые планируется заменить на энергосберегающие, составляет 514 шт., они установлены в следующих подразделениях:

ПХПиТМО 2 корпус – 137 шт.

ПХПиТМО 1 корпус – 45шт.

ПОиИ – 179 шт.

МП – 153 шт.

Экономия от внедрения данного мероприятия составит 1 млн руб в год, окупаемость – 2,36 года.

При строительстве новых и реконструкции существующих производственных сооружений одной из основополагающих задач является достижение необходимой освещенности производственных и складских помещений. При этом использование естественного света позволяет значительно сократить энергозатраты и, кроме того, создать более комфортные условия труда.

Для организации освещения производственных помещений поликарбонат является одним из наиболее востребованных материалов. Конструкции с его применением в сравнении с традиционным остеклением оказываются более эффективными с точки зрения стоимости, скорости монтажа, веса и сочетаемости с другими видами ограждающих конструкций.

Естественное освещение при помощи использования поликарбоната даёт возможность сэкономить 1 час работы светильников в подразделениях в сутки и около 172 тыс. руб в год.

Для реализации главной цели Политики компании в области охраны окружающей среды – уменьшения негативного воздействия технологических процессов на природную среду – необходима организация системы производственного экологического контроля, мониторинг воздействия производства на окружающую среду.

Текущие затраты ОАО «ПОЗиС» на охрану окружающей среды в 2014 году составили 71484 тыс. рублей, из них:

– на охрану и рациональное использование водных ресурсов – 46637 тыс. руб.

– на охрану атмосферного воздуха – 14490 тыс. руб.

– на охрану окружающей среды от отходов производства – 9912 тыс. руб.

Приведенные цифры свидетельствуют о большой, планомерной работе по обеспечению экологической безопасности производства. ОАО «ПОЗиС» тщательно контролирует свое воздействие на окружающую среду, ищет эффективные пути решения проблем в этой области с помощью разработки экологически чистых и энергосберегающих технологий.

В 2014 году ОАО «ПОЗиС» стало победителем республиканского конкурса «ЭКОлидер».

Также POZIS был отмечен дипломом Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского за инициативу и помощь в проведении экологических мероприятий, которые стали важной частью улучшения экологии Российской Федерации.

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Борисов А.С., Петров С.И., Успенский Б.В.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань
Боровский М.Я., Богатов В.И., Филимонов В.Н.,
ООО «Геофизсервис», г. Казань

FORMATION OF NATURAL ELECTRIC FIELDS OF HYDROCARBON DEPOSITS

Borisov A.S., Petrov S.I., Uspenskiy B.V.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan
Borovskiy M.J., Bogatov V.I., Filimonov V.N.,
LLC «Geophysics service», Kazan

Аннотация

Обсуждаются возможные механизмы формирования естественных электрических полей над скоплениями углеводородов. На примере месторождений Волго-Уральской нефтеносной провинции рассматриваются причины изменения амплитуды и знака электрических потенциалов над скоплениями углеводородов. Формулируются основные геологические факторы, влияющие на характер естественных электрических полей углеводородных залежей. Представленные выводы имеют принципиальное значение при реализации энергосберегающих и эффективных технологий поиска и разведки углеводородных ресурсов.

Annotation

The possible mechanisms of the formation of natural electric fields on hydrocarbon accumu-lations are discussed in this paper. The reasons for changing the amplitude and sign of the electrical potentials over the hydrocarbon accumulations are shown on the Volga-Ural oil province example. The principals geological factors affecting the character of natural electric fields of hydrocarbon deposits are described. Presented results are of fundamental importance for the implementation of energy saving and efficient technologies for prospecting and exploration of hydrocarbon resources.

Данная статья во многом основана на работах, выполненных безвременно ушедшим из жизни профессором Казанского университета Э.К. Швыдкиным, и посвящается его памяти.

Многолетними исследованиями установлено, что над месторождениями нефти и газа наблюдаются аномальные значения естественных электрических полей (ЕП), генетически связанные со скоплениями углеводородов. Изучением данных полей интенсивно занимались и занимаются как в России, так и за рубежом (С. Пирсон, Р.С. Сейфуллин, Р. Томпкинс, И.В. Хавензон, Э.К. Швыдкин и др. [1–6]). Было установлено, что аномалии электрического потенциала наблюдаются как над нефтяными, так и над газовыми ловушками, залегающими в широком диапазоне глубин.

Существуют различные точки зрения на процесс формирования электрического поля над скоплениями углеводородов. Практически все исследователи основной причиной его возникновения считают физико-химические процессы, обусловленные влиянием газообразных и жидких углеводородов и других компонентов залежи, мигрирующих в направлении дневной поверхности. В нефтегазоносных провинциях для верхней части разреза в пределах глубин от 0 до 600 м характерно наличие массивов пород, обладающих за счет окислительных процессов положительным зарядом [6]. Причем более интенсивно физико-химические процессы, связанные с взаимодействием газообразных и жидких углеводородов с окружающей средой, протекают в субвертикальных зонах – в крыльевых частях антиклинальных структур. Эти зоны протягиваются по всему разрезу почти до дневной поверхности. Происхождение их объясняется особенностями формирования структур под воздействием подвижек фундамента,

и отличаются повышенной проницаемостью. По ним происходит интенсивная миграция углеводородов при наличии залежи. В приповерхностной части зоны субвертикальных неоднородностей характеризуются повышенным содержанием кислорода, азота и углекислоты. Концентрация сероводорода в этих зонах по сравнению с зоной восстановления над центром залежи будет значительно ниже.

Физико-химические процессы, формирующие природный топливный элемент и электрическое поле залежей, происходят непрерывно, с момента образования залежей до полного их разрушения. Субвертикальная миграция углеводородов и других компонентов залежи пространственно ограничена, и именно к ней будет приурочена аномалия естественного электрического поля.

Характер сформировавшегося электрического поля (амплитуда, градиент и знак) определяется многими параметрами, главным из которых является активность физико-химических процессов на естественных геохимических барьерах – ВНК, ГВК и первом от поверхности региональном водоупорном горизонте.

Анализ полученных в течение ряда лет (1998–2006 гг., [1–6]) результатов измерений электрических потенциалов над углеводородными залежами в Волго-Уральском регионе показывает, что наблюдается значительный разброс потенциала по амплитуде и знаку. Для большей части территории аномалии естественного электрического поля, обусловленные скоплениями углеводородов, имеют отрицательный знак и амплитуду от 40 до 180 мВ. Однако нефтеносные структуры Мелекесской впадины (восточный борт), расположенные на юге РТ и северо-востоке Ульяновской области, отмечаются интенсивными (до 180 мВ) положительными аномалиями. Положительные аномалии меньшей интенсивности (до 30–40 мВ) наблюдаются и над нефтеносными структурами на Северном куполе Татарского свода (например, Уркушское поднятие). Над структурами, промышленного содержания углеводородов в которых по данным бурения не отмечено, всё же наблюдаются аномалии отрицательного знака интенсивностью 15–25 мВ (Агбязовская площадь). Смена знака аномалий над различными структурами отмечена также И.В. Хавензон на месторождениях Западной Украины [1]. Там над большинством месторождений наблюдаются отрицательные значения ЕП, а удельный вес положительных аномалий составляет 30 %.

Рассмотрим в качестве примера Удобновско-Грачевское поднятие и поднятие Русский Шуган Волго-Уральского региона, нефтеносность которых подтверждена целым рядом скважин. При сходстве многих параметров рассмотренных поднятий (площадь, дебиты скважин) основным отличием служит глубина залегания нефтеносных пластов. Нефтеносная структура Русского Шугана залегает на 550 м глубже структуры Удобно-Грачевской зоны. Логично предполагать, что интенсивность аномалий также будет существенно отличаться в связи с различной глубиной залегания. Однако реальное естественное электрическое поле, наблюденное над этими структурами, практически совпадает по всем своим параметрам (знак, градиент, интенсивность). Видимо, аномальное электрическое поле формируется выше, за пределами залежей, в отложениях, глубина залегания которых одинакова для обоих поднятий. Вероятнее всего, ими являются лингуловые глины казанского яруса, являющиеся региональным водоупором. Следовательно, интенсивность аномального электрического поля на дневной поверхности зависит не от глубины залегания резервуара залежи, а от глубины залегания регионального водоупора. При увеличении глубины его залегания амплитуда поля ЕП будет снижаться. Эта зависимость однозначно подтверждается и на примере Димитровского месторождения (Оренбургская область). Интенсивность аномального электрического поля над нефтеносными структурами составляет всего -15 – -20 мВ. При этом глубина залегания регионального водоупора (глины татарского яруса) составляет 250–280 м. Увеличение глубины залегания водоупора в 2 раза приводит к уменьшению амплитуды ЕП практически в 4 раза.

Возможно, дополнительным фактором, влияющим на интенсивность аномального электрического поля, является наличие в разрезе выдержанной толщи галогенных осадков. Соли являются региональной покрышкой для скопления углеводородов в нижнепермских отло-

жениях. Коллекторами служат плойчатые доломиты филлиповского горизонта кунгурского яруса. Очевидно, сульфатно-галогенная толща является труднопреодолимым барьером для вертикальной миграции углеводородов и других компонентов залежи, в результате интенсивность аномального электрического поля снижается и под воздействием этого фактора.

Для юго-востока РТ на площадях, где глубина залегания регионального водоупора невелика и постоянна, наблюдается практически прямая зависимость интенсивности аномалий ЕП от содержания углеводородов в исследуемых поднятиях. Наиболее показательны результаты измерений на Агбязовской площади РТ. Здесь интенсивность наблюденных аномалий ЕП над выявленными сейсмическими поднятиями (Степановское, Боярское, Кировское, Западно-Бикчентаевское, Бикчентаевское) изменялась от -10 мВ до -20 мВ. Практически над всеми поднятиями обнаружены геохимические аномалии металлов-индикаторов (Co, Ni, V, Cu, Zn и др.) и ореолы рассеяния углеводородного газа. Однако данные бурения не подтвердили наличия промышленного скопления углеводородов здесь. Интенсивность аномалии ЕП над нефтеносной структурой ближайшего к Агбязовской площади – Дружбинского месторождения достигает 60–80 мВ. Исходя из этих данных можно полагать, что интенсивность аномалий ЕП в 30–40 мВ над структурами является минимальной величиной для промышленных скоплений углеводородов. Подобная зависимость характерна для северо-востока РТ, на остальных территориях критерии нефтеносности структур по данным ЕП могут быть другими – вплоть до смены знака аномалий.

Аномалии ЕП положительного знака интенсивностью от +40 до +120 мВ над нефтеносными поднятиями регулярно наблюдаются на Северном куполе Татарского свода и на площади Мелекесской впадины (Ульяновская область). Эти аномалии здесь связаны, скорее, с существенными отличиями строения верхней части разреза от соседних регионов. Для Северного купола таким отличием является широкое распространение в отложениях казанского яруса достаточно интенсивного (от 0,1 % до 1,18 %) медного оруденения в пределах Волго-Камской меденосной провинции.

Для юго-западного Татарстана и Ульяновско-Самарского Поволжья характерным является развитие в верхней части разреза мезозойских отложений с большим содержанием сульфидов (пирит, халькопирит, марказит). Кроме того, для отложений юры и мела отмечено, наряду с включением пирита и сидерита, наличие интенсивной фосфоритизации. Чаще всего фосфоритовый материал присутствует в линзах гравия и гальки, а также в виде конгломерата и алевролита. Появление положительных аномалий ЕП в данном случае, вероятно, связано с минеральным составом и окислительно-восстановительными характеристиками верхней части разреза.

Таким образом, в целом окислительно-восстановительная среда, формирующаяся в породах разреза над углеводородной залежью, может быть представлена в виде трех зон, характеризующихся специфическими значениями окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и кислотно-щелочного показателя (pH):

– зона восстановления, расположенная непосредственно над залежью углеводородов и распространяющаяся от нее вверх на 100–200 м;

– зона окисления, залегающая над зоной восстановления средней мощностью 800–200 м;

– зона восстановления, расположенная в верхней части разреза на глубинах от 0 до 200 м.

Подобное распределение электрически заряженных зон может приводить к появлению электрических аномалий положительного знака над скоплениями углеводородов. Аномалии ЕП положительного знака наблюдаются над месторождениями нефти в районе Северного купола (Уркушское, Берсутское). Интенсивные положительные аномалии ЕП наблюдались в Ульяновской области на территории Мелекесской впадины (Мордово-Озерное месторождение, Рудневская и Ковыльная структуры).

На характер наблюдаемых аномальных полей существенное влияние оказывают дизъюнктивные дислокации, определяющие границы блоков и поднятий, содержащих углеводороды. В силу повышенной трещиноватости и проницаемости дизъюнктивные дислокации служат

зоной интенсивного окисления и выделяются положительными аномалиями, как и зоны субвертикальных неоднородностей.

Эти данные указывают на необходимость учета при интерпретации не только интенсивности аномалий ЕП, но и знака. При работе в районах, характеризующихся рассмотренными особенностями строения верхней части разреза, необходимо обращать внимание на интенсивные аномалии ЕП положительного знака.

Полученные данные позволяют определить основные геологические факторы, влияющие на характер естественных электрических полей:

– интенсивные ЕП в зоне развития поднятий могут возникнуть только при наличии в структурах достаточного количества углеводородов;

– на распределение естественного поля на дневной поверхности существенное влияние оказывают тектонические нарушения, окаймляющие залежь;

– знак потенциала электрического поля над нефтяной залежью зависит от литологических особенностей пород верхней части разреза;

– в пределах каждого конкретного структурно-тектонического региона измеряемые над залежами ЕП имеют близкие параметры и характеристики.

Представленные выводы имеют принципиальное значение при интерпретации результатов геофизических методов исследований, регистрирующих вторичные изменения пород под воздействием УВ (ЕП, ВП, магниторазведка), а также геохимических методов поисков залежей нефти.

Литература

1. Сейфуллин Р.С. Геоэлектрическая модель залежей углеводородов Западной Украины / Сейфуллин Р.С., Портнягин Н.Э., Изотова С.В. // Советская геология. – 1986. – №3. – С. 100–107.
2. Швыдкин Э.К. Активные эпигенетические процессы в разрезах над залежами углеводородов и формирование геофизических и геохимических полей / Швыдкин Э.К. // Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы: Материалы Первой Всероссийской конференции (10–15 ноября 1997 г.). – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2000. – С. 371–379.
3. Швыдкин Э.К. Основы ресурсосберегающей геофизической технологии поисков залежей углеводородов / Швыдкин Э.К., Борисов А.С., Успенский Б.В., Петров С.И., Боровский М.Я., Богатов В.И. // Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: тр. / под общ. ред. Мартынова Е.В.; сост.: Мартынов Е.В., Чесноков В.В., Артамонова С.В. / XIV Междунар. Симп., Казань, 18–20 марта 2014 г. – Казань: Изд-во ООО «ТаГраф», 2014. – С. 181–183.
4. Швыдкин Э.К. Проблемы и перспективы развития комплекса полевых геофизических и геохимических методов (ГГХМ) при оценке структур и доразведке месторождений нефти (физико-геологические основы и интерпретация) / Швыдкин Э.К., Вассерман В.А., Чернов С.В. // Геологическое изучение земных недр Республики Татарстан. – Казань, 2002. – С. 140–144.
5. Швыдкин Э.К. Геофизические и геохимические технологии прогноза и оценки нефтеносности перспективных объектов / Швыдкин Э.К., Якимов А.С., Вассерман В.А.; под ред. Боровского М.Я. – Казань: Новое знание, 2008. – 164 с.
6. Якимов А.С. Геолого-геофизические методы доразведки нефтяных месторождений / Якимов А.С.; под ред. Муслимова Р.Х., Швыдкина Э.К. – Казань: Изд-во КГУ, 2004. – 128 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Крамина Т.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

DESIGN OF THE PLANT FOR RECYCLING CONSTRUCTION WASTERS

Kramina T.A.,
Kazan State University of Architecture and Construction, Kazan

Аннотация

Работа посвящена проблемам энергоресурсосбережения и решению вопросов экологии, в частности предлагаются реальные пути утилизации строительных отходов. Разработанная типология перерабатывающих предприятий такого рода предполагает два направления технологической схемы. Одно из них осуществляет глобальный метод переработки, в то время как другой ставит целью вторичное использование строительных отходов, обеспечивающее безотходное производство.

Annotation

This work focuses on the problem of the resources preservation and ecology in particular, effective approaches of construction waste utilization are proposed. The typology of recycling plants elaborated in this paper implies two technological aspects. One is about a global recycling method, and another is on secondary waste utilization for overall waste-free production.

Согласно данным, приведенным в докладе Президента Российской Федерации Владимира Путина, проблема переработки отходов стоит крайне остро: сегодня в стране ежегодно скапливается порядка 3,5 миллиарда тонн отходов, причем из них на переработку идет менее четверти. Остальное сжигается, вывозится на специальные полигоны или просто выбрасывается. В результате число нелегальных свалок постоянно растет. Объем накопленных в России отходов составляет около 90 миллиардов, а общая площадь свалок уже превысила 2,5 тысячи квадратных метров.

В настоящее время в России создан государственный внебюджетный фонд для аккумулирования средств утилизационного сбора. Средства должны пойти в том числе и на развитие инфраструктуры переработки отходов, которой в стране пока что нет. В то же время в Татарстане разработан собственный пилотный проект по созданию единой комплексной системы управления отходами. Президент РТ Рустам Минниханов отмечал в своем докладе, что в республике сейчас 50 полигонов ТБО, однако свободного пространства осталось весьма ограниченное количество.

Исходя из вышесказанного, особую актуальность приобретают исследования, связанные с этой проблемой. На наш взгляд, совершенно недопустимо рассматривать утилизацию строительных отходов по единой с ТБО схеме. Строительные отходы являются специфическими отходами и требуют индивидуальных подходов при работе с ними.

Существующие мусороперерабатывающие заводы нацелены на переработку бытовых отходов и не учитывают эту специфику. Здесь мы имеем дело с крупногабаритным мусором большого веса, объемов и размеров, появляющимся после очистки строительной площадки, сноса старых строений, демонтажа прежних конструкций; тут и остатки строительных материалов, таких как стекло, гипсокартон, битый кирпич, краски, растворы, бетон, обрезки полимерных и металлических труб, дерева, собирающихся в процессе строительства, упаковка и легкий мусор, накапливающийся в процессе проведения отделочных работ.

В Татарстане нет ни одного предприятия по переработке именно строительных отходов. Взамен несанкционированным свалкам мы предлагаем как глобальные методы переработки,

так и вторичное использование отходов. Выполнен пилотный проект [2], в котором, согласно разработанной технологической схеме представлены варианты объемно-планировочных и конструктивных решений комплексов производственных зданий следующих назначений:

- сборка отходов;
- складирование;
- сортировка;
- первичная обработка;
- переплавка;
- сжигание;
- химическая переработка;
- термообработка;
- механические воздействия (дробление, размельчение до получения фракций различной величины, вплоть до пылевидной);
- прессование и др.

Процесс переработки может быть упрощен и удешевлен за счет раздельного сбора строительного мусора. Это крайне важно для дальнейшего использования отходов в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов. Селективный сбор требует элементарных затрат на установку индивидуальных контейнеров для стекла, пластиковых изделий, дерева, металла и пр. на каждом новом строительном объекте, вблизи домов, в которых осуществляется капитальный ремонт, или демонтаж, или снос строений.

Идея селективного сбора строительных отходов неосуществима без надлежащей культуры поведения строителей, без самосознания рабочих, без штрафных санкций и административных наказаний по отношению к производителям работ, базирующихся на законодательной основе. Только тогда это будет реально функционирующая схема, начальным звеном которой является строитель, а конечным – выход полезной дешёвой продукции, превращающей процесс строительства в безотходное производство.

Извлечение вторичного сырья реально из 85 % общей массы строительных отходов. Капитальные вложения в строительство перерабатывающих комплексов (ПК) составляют до $50 на 1 т мощности. Подсчитано [1], что суммарные капитальные вложения составят в среднем $14 млн. По данным различных источников, удельные затраты на функционирование ПК существенно различаются, однако все эксперты отмечают прибыльность этого вида деятельности.

Для расчетов данной модели примем, что величина общих удельных затрат равна выручке от реализации продукции из вторсырья. Возведение ПК «под ключ» занимает более года. Таким образом, через год масса отходов, которая захоранивается на полигонах, снизится на 35 % и составит 182 000 тонн в год. Оставшийся к этому моменту ресурс полигонов таким образом будет «автоматически» продлен с 2 лет до 3,1 года, а общий ресурс, отсчитываемый от начала модернизации, – с 3 до 4,1 года.

В итоге предлагаемая программа потребует привлечения инвестиций в размере $41 млн. Величина общих удельных затрат на реализацию приведенной схемы составит $3,3 млн. Затраты на полигонное захоронение будут снижены на $676 000 в год (с $840 000 до $164 000). Таким образом, необходимая ежегодная дополнительная дотация из бюджета нашего города на захоронение отходов составит $2,6 млн в год. К тому же государство обязано выделять предпринимателю, строящему мусороперерабатывающий завод, соответствующие ассигнования. В среднем мусороперерабатывающее производство окупается за два-три года. Рентабельность его составляет 30 %. То есть, например, вложив в его строительство $200 000, через 2–3 года можно будет получать прибыль $60-70 000 в год.

Возможности вторичного использования строительных отходов разноплановы:

– для производства строительных материалов, добавок к ним и конструктивных элементов;

– в автодорожном строительстве при производстве дорожного полотна;

– при строительстве объектов промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения в конструкциях полов, при изготовлении теплоизоляционных заполнений и для кровельных работ;

– при строительстве объектов спортивного назначения, эксплуатируемых под открытым небом;

– для решения задач ландшафтной архитектуры;

– для засыпки оврагов и балок;

– для подготовки территории под предстоящее строительство;

– в гидротехническом строительстве для дамб и насыпей;

– при укреплении береговой полосы водоемов и благоустройстве набережных;

– для защиты территорий, подверженных затоплению в период поводков и разливов рек.

Если объединить законодательство, касающееся использования строительных отходов и отходов ТБО, то можно натолкнуться на необоснованные и ошибочные запреты, ограничивающие или вообще запрещающие применять строительные отходы для рекультивации земель. Ввиду того что строительные отходы являются специфическими и малоопасными для окружающей среды, при должном, грамотном проведении работ по рекультивации ни безжизненных терриконов, ни зон отчуждения они не вызывают [1].

Литература

1. Пархоменко Е.К. Строительное производство и окружающая среда // Гигиена и санитария, 2014, № 9. – С. 9–11.
2. Крамина Т.А. Строительные отходы и их утилизация. – М.: ООО «Наука», 2013. – 63 с.

РЕКУПЕРАЦИЯ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Романова С.М., Фатыхова Л.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

RECOVERY PYROXYLIN POWDER BY REAGENT METHOD

Romanova S.M., Fatihova L.A.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Изучено взаимодействие нитрата целлюлозы с хлорангидридом бензойной кислоты. В результате физико-химических исследований были установлены наиболее вероятные пути протекания реакций.

Annotation

The interaction of cellulose nitrate with chloride of benzoic acid. As a result, the physico-chemical studies have established the most probable path of the reaction.

Уничтожение списанных боеприпасов расценивается как ущерб, наносимый окружающей природной среде. Поэтому в настоящее время встала проблема поиска альтернативных путей утилизации устаревших боеприпасов, в том числе нитратцеллюлозных порохов, различными физическими и химическими методами.

Благодаря особенности химического строения макромолекул азотнокислых эфиров целлюлозы можно целенаправленно изменять их строение, а следовательно, и комплекс эксплуатационных свойств [1, 2].

В качестве ацилирующего агента нитрата целлюлозы (НЦ) выбран бензоилхлорид. Реакцию проводили в среде пиридина. Этот выбор обоснован наличием в молекуле пиридина атома азота, который имеет неподеленную пару электронов, что делает его весьма активным центром атаки электрофилом, поэтому пиридин является активным N-нуклеофилом. На этой особенности основано взаимодействие пиридина с бензойным хлорангидридом, в результате которого образуется N-бензоилпиридиниевая соль, которая является активным электрофильным ацилирующим реагентом. Она участвует в реакции электрофильного замещения функциональных групп молекулы НЦ на радикал C_6H_5CO–. Пиридин, являясь растворителем, также способствует частичному гидролизу нитратных групп НЦ.

N-бензоилпиридиниевую соль получали по методу Айнхорна (модификация реакции Шоттена-Баумана):

$$C_6H_5COCl + C_5H_5N \rightarrow [C_5H_5N{+}COC_6H_5]Cl^-$$

Особенности распределения электронных зарядов на углеродных атомах глюкопиранозного кольца нитрата целлюлозы, полученных в результате квантово-химических расчетов, позволяют предположить возможные направления химических превращений по реакционным центрам ее элементарного звена: реакции по собственно нитратным группам, реакции по имеющимся свободным гидроксильным группам, а также по гликозидным связям, всегда приводящие к деструкции полимерной цепи (рис. 1.).

Согласно распределению электронных плотностей, при электрофильном замещении молекулы НЦ атака электрофилом осуществляется по атомам кислорода. В первую очередь происходит атака кислорода, расположенного у атома углерода в положении 1, приводящая к деполимеризации цепи макромолекулы. Атом кислорода в данном положении является наиболее электроотрицательным. Далее атаке подвергается кислород у атома C_3, что приводит к электрофильному замещению ОН групп. Затем атака идет по кислороду у атомов углерода в

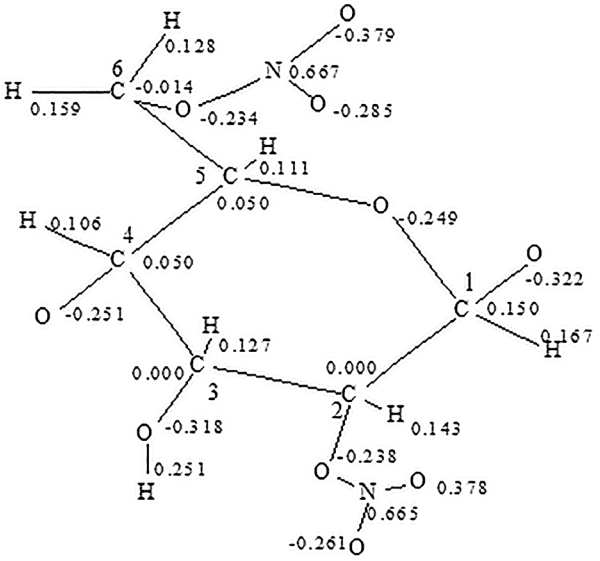


Рис. 1. Распределение электронных зарядов атомов пиранозного кольца

положении 4, происходит также деполимеризация цепи молекулы НЦ. При атаке кислорода у атома C_2 происходит раскрытие цикла глюкопиранозы. И в последнюю очередь происходит атака кислорода в положении C_6. Также возможна атака электрофилом кислорода, находящегося в глюкопиранозном кольце молекулы НЦ, которая приводит к раскрытию цикла. Следует иметь в виду, что все процессы протекают одновременно, а выше обсуждались лишь вероятности возможных атак электрофильным реагентом.

В результате реакции получен твердый продукт в виде мелкодисперсного порошка коричневого цвета, хорошо растворимый в ТГФ и частично в ДМФА.

Для изучения молекулярной структуры и свойств синтезированного полимера применяли методы ИК-спектроскопии, ПМР-спектроскопии, гельпроникающей хромотографии, элементный анализ, вискозиметрический анализ, метод термической поляризационной микроскопии.

Представленные в работе результаты свидетельствуют о возможности химической модификации НЦ бензоилпиридиний-хлоридом. В процессе химической модификации НЦ и целенаправленном изменении условий реакции получили модификат сложный нитробензоат целлюлозы с отличными от исходного нитрата целлюлозы характеристиками, который после дальнейших исследований можно рекомендовать для использования в составе конверсионных полимерных композиций.

Литература

1. Романова С.М., Мухетдинова А.М., Фатыхова Л.А., Фридланд С.В. Реакции взаимодействия нитрата целлюлозы со спиртами – Вестник КГТУ, № 12, 2011. – С. 44–50.
2. Сарыбаева Р.И. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы / Р.И. Сарыбаева, Л.С. Щелокова. – Фрунзе: Илим, 1985. – 164 с.
3. Романова С.М., Мадякина А.М., Фридланд С.В. Модифицирование азотнокислых эфиров целлюлозы несимметричным диметилгидразином и его гидразидами – Известия Вузов. Химия и химическая технология. – Т. 55. – № 3. – 2012. – С. 68–73.
4. Поляков А.И. // Высокомолекулярные соединения. № 14. 1972.
5. Сарыбаева Р.И. // Журнал прикладной химии. – 1983. – Том 25, № 11. – С. 2560–2564.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИООЧИСТКИ ОСНОВНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ХИМЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В АЭРОТЕНКЕ

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань

EFFICACY BIOCLEARING MAIN INGREDIENTS CHEMICALLY POLLUTED WASTE WATERS DEPENDING ON THE TEMPERATURE IN THE AERATION TANK

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

С целью определения влияния температурного режима на процесс биологического окисления основных загрязняющих веществ химзагрязненных сточных вод были исследованы на модельных аэротенках различные температуры, представлены результаты исследований и сделаны краткие выводы о наиболее вероятных причинах различной эффективности очистки.

Annotation

In order to determine the effect of temperature on the process of biological oxidation of major pollutants chemically polluted waste water were investigated using model aerotanks different temperatures, the results of research and made a brief conclusion about the most likely cause of var-ious cleaning efficiency.

Группой специалистов лаборатории цеха биологических очистных сооружений ОАО «Казаньоргсинтез» совместно с автором данной статьи было проведено исследование зависимости процесса окисления этиленгликолей, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) от температурного режима в основных сооружениях биологической очистки сточных вод – аэротенках. Кроме того, определялось влияние температуры на основной показатель, характеризующий способность загрязняющих веществ к окислению бихроматом калия в среде серной кислоты при высокой температуре. Данная окислительная среда считается наиболее полно окисляющей химические ингредиенты сточных вод, в том числе трудноокисляемые; методика официально признана как лабораторный способ определения ХПК – химического потребления кислорода – и широко применяется в природоохранной практике. Кроме того, определялся иловый индекс – показатель, зависящий от нагрузки на активный ил (АИ) в системе биологических сооружений и характеризующий компактность хлопьев ила и его способность к гравитационной седиментации.

Исследования проводились на модельных аэротенках и в условиях, максимально идентичных аналогичным параметрам работы промышленных аэротенков: окисление реального химстока предприятия осуществлялось подачей биоценоза активного ила из промышленных аэротенков. Результаты анализов представлены в таблице 1.

Основные технологические параметры в модельных аэротенках: концентрация (доза) АИ задавалась двумя значениями – 2,5 и 4,0 мг/л (два значения концентрации АИ обусловлено необходимостью подтверждения (или опровержения) мнения некоторых специалистов в области очистки сточных вод о безусловности существования пропорциональной зависимости между концентрацией ила и эффективностью биодеструкции); время аэрации – 16 час.; коэффициент рециркуляции АИ – 0,9; концентрация растворенного кислорода –

Таблица 1.

Эффективность биоочистки химзагрязненных сточных вод при различной температуре

Показатели	Концентрация ила 2,5 г/дм^3				Концентрация ила 5,0 г/дм^3			
	Температура °С				Температура °С			
	11	22	29	34	11	22	29	34
	Эффективность очистки, %				Эффективность очистки, %			
ХПК	74	86	88	88	76	82	76	74
Этиленгликоли	79	98	98,5	99	86	98	93	98
СПАВ	95	92	85	76	96	84	73	47
Иловый индекс, г/дм^3	164	145	154	187	275	215	217	198

4,5 мгO_2/дм^3; pH среды – 7,2; дозирование биогенных элементов (азота и фосфора) соответствовала параметрам в промышленных аэротенках [3].

Изменяли только температуру в аэротенках за счет предварительного подогрева исходной сточной жидкости в интервале от 11 до 34 °С.

На основании данных таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

– эффективность очистки по ХПК с повышением температуры повышается, достигая максимального уменьшения при температурах 29 и 34 °С; максимальная деструкция химических ингредиентов происходит при минимальной концентрации АИ (2,5 г/дм^3) – 88 % против 82 % при концентрации АИ 5,0 г/дм^3;

– окисление этиленгликоля также повышается при повышении температуры в исследованном интервале, но изменение концентрации ила практически не вызвало изменения эффективности окисления;

– увеличение температуры жидкости в аэротенках в значительной степени уменьшает эффективность биоочистки сточных вод от СПАВ, как при концентрации АИ 2,5 г/дм^3, так и при концентрации 5,0 г/дм^3. Следует отметить, что низкая концентрация АИ при температуре 11 и 22 °С в большей степени интенсифицирует окисление СПАВ.

При рассмотрении эффективности очистки сточных вод в аэротенках важным технологическим показателем, характеризующим физические свойства АИ и его способность к седиментации во вторичных отстойниках, является иловый индекс.

Иловый индекс представляет собой отношение объема АИ в миллилитрах после 30-минутного отстаивания к 1 г сухого вещества АИ при разбавлении иловой смеси до 1 г/дм^3. Считается показателем хорошего ила и нормально работающего аэротенка по очистке химзагрязненного стока иловый индекс не более 150 [2].

При рассмотрении результатов исследования, очевидно, что при всех исследованных температурных режимах наблюдается тенденция повышения илового индекса при минимальных и максимальных температурах. Наилучший АИ (иловый индекс 145) при температуре 22 °С и при минимальной концентрации ила.

Результаты проведенных опытов дают основания сделать следующие выводы:

1) повышение температуры в аэротенках способствует биохимическому окислению основных загрязняющих веществ. В случае окисления СПАВ наблюдаются обратные результаты, что связано, видимо, с превалированием процесса сорбции разветвленных молекул СПАВ на поверхности хлопьев АИ над их ферментативным окислением;

2) для повышения эффективности биоочистки сточных вод не всегда повышать коэффициент рециркуляции АИ и концентрацию АИ в аэротенках. Дисбаланс между органиче-

скими ингредиентами сточных вод и количеством АИ в сторону увеличения концентрации последнего, в некоторых случаях приводит к снижению ферментативной энергетической активности микроорганизмов активного ила;

3) использование для интенсификации сложного процесса биоочистки многокомпонентной смеси загрязняющих веществ, характерных для химических предприятий, готовых «шаблонных» технологических решений, в большей степени распространяющихся на бытовые сточные воды, которым присущ постоянный и менее сложный по составу и окислительной способности «букет» компонентов, приводит к неудовлетворительному качеству очистки.

Литература

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод/учебник для вузов: – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 704 с.
2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: Акварос, 2003. – 507 с.
1. Кирсанов В.В. Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: Монография/Под ред. проф. Глебова А.Н. Казань: Изд-во Казан.гос. техн. ун-та, 2010, 264 с.
2. Кирсанов В.В. Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды, часть I. Процессы и аппараты защиты гидросферы/В.В. Кирсанов. – Казань: Изд-во Казань. гос. техн. ун-та, 2013. – 496 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОУГЛЯ КАК НОВОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В., Григорьян Б.Р.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

THE USE OF BIOCHAR AS A NEW ORGANIC FERTILIZER TO LONG-TERM INCREASE THE SOIL FERTILITY

Ginijatullin K.G., Smirnova E.V., Grigoryan B.R.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Аннотация

В работе изучалась возможность использования методов, разработанных для исследования почвенного органического вещества (ПОВ), для оценки свойств биоуглей с целью получения информации, позволяющей прогнозировать их поведение в почвах. Для характеристики биоуглей, приготовленных в разных режимах пиролиза из различных древесных и травянистых материалов, использовали методы, разработанные для оценки лабильности (стабильности) ПОВ. Было показано, что методы ступенчатого окисления ПОВ и методы выделения отдельных его фракций могут быть модифицированы и адаптированы для оценки свойств биоуглей, причем между содержанием легкоокисляемого органического вещества (ОВ) в биоуглях и содержанием в них лабильных фракций ОВ наблюдается сильная прямая корреляционная связь.

Annotation

This paper deals with the possibility of using methods developed for studies of soil organic matter (SOM) to evaluate of biochar properties for obtain information to predict their behavior in soils. For biochar characteristics prepared in different pyrolysis modes of various woody and herbaceous materials used methods developed to assess the lability (stability) SOM. It was shown that the stepwise oxidation methods of SOM and methods of extraction of individual fractions can be modi-fied and adapted to evaluate of biochar properties. There is a strong positive correlation between the content of oxidizable organic matter (OM) and content of labile fractions in biochar samples.

Хотя плодородие почвы имеет чисто прагматическое определение как «способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности» [1, стр. 2], растет понимание того, что плодородные земли являются весьма ограниченным природным ресурсом, наиболее подверженным деградации (в первую очередь за счет эрозии и нерационального сельскохозяйственного использования). В ближайшем будущем человечество неизбежно столкнется с проблемой восстановления утерянного естественного плодородия земель за счет создания искусственного плодородия с использованием возобновляемых ресурсов, прежде всего отходов сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства.

В настоящее время возрастает интерес к биоуглям как перспективному органическому удобрению, поскольку его применение позволяет одновременно решать две важнейшие проблемы современности: долговременное улучшение плодородия почв и необходимость секвестрации углерода атмосферы. По данным археологических исследований, жители бассейна Амазонки еще в доколумбову эпоху для повышения продуктивности почв использовали биоуголь, который добывали тлением растительного материала и отходов сельского хозяйства [2]. Даже во влажном тропическом климате частицы мелкоизмельченного биоугля сохраняются в течение сотен и тысяч лет [3], причем возраст углерода биоуглей, как правило, старше, чем любых других форм углерода в почвах [4]. Современные исследования [5], основанные на изучении влияния биоуглей на дыхание почв, также

подтверждают, что содержание углерода в биоуглях, который находится в устойчивой к окислению форме, может сохраняться в почвах до тысячи лет. В перспективе внесение в почву биоугля, приготовленного промышленным способом, позволяет вывести до 50 % углерода исходных растительных остатков из биологического кругооборота, но устойчивость биоуглей в почвах будет в значительной степени зависеть как от вида исходных растительных остатков, так и условий проведения пиролиза [6].

Целью данной работы является изучение возможности использования методов, разработанных для исследования ПОВ, для оценки свойств биоуглей различного происхождения с целью получения информации, позволяющей прогнозировать их поведение в почвах. Для исследования использовали размолотые образцы биоугля, пропущенные через сито 0,25 мм (0,1 мм при определении общего содержания углерода и азота). Выборка образцов биоуглей (10 шт.), использованная для изучения, оценивалась как достаточно однородная по содержанию общего углерода, но сильно отличающаяся по отношению C/N и содержанию зольных элементов. Определение общего углерода и азота в препаратах биоуглей проводили на приборе vario MICRO cube (Fa Elementar). Содержание золы определялось прокаливанием при 1000 °C. Для характеристики лабильной фракции образцов биоуглей использовали метод экстракции ОВ горячей водой. Для оценки содержания собственно гумусовых веществ (ГВ) в образцах биоуглей использовали метод ускоренного определения содержания органического углерода, извлекаемого смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH. Для общей характеристики устойчивости всего пула органических веществ биоуглей использовали метод ступенчатого окисления, успешно реализованный для изучения ПОВ, – модифицированный метод Уолки-Блейка, предложенный Ханом с соавторами [7]. Данный метод предполагает проведение окисления почвы бихроматом калия при различных концентрациях серной кислоты с определением количества ОВ, подвергшегося окислительной деструкции, по остатку непрореагировавшего $K_2Cr_2O_7$. Подход предполагает выделение 4 составляющих пула ПОВ (SOM) по подверженности окислению. Фракция 1 – органический углерод, окисляемый 0,167 моль/л $K_2Cr_2O_7$ при концентрации 12 моль/л H_2SO_4; фракция 2 – разница между содержанием органического углерода, окисляемого при 18 N и 12 N H_2SO_4; фракция 3 – разница между содержанием органического углерода, окисляемого при 24 N и 18 N H_2SO_4; фракция 4 – разница между общим органическим углеродом, определяемым сухого сжигания, и углеродом, окисляемым при 24 N H_2SO_4.

В таблице 1 приведены результаты определения содержания углерода фракций ОВ с высокой степенью окисляемости при концентрации серной кислоты 12 и 18 N (фракция 1 и 2, определяемые методом Хана) и фракций ОВ выделяемы кипящей водой и смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH в образцах биоугля различного происхождения, в % к общему углероду.

Содержание легкоразлагаемого (фракция 1 по Хану) и среднеразлагаемого ОВ (фракция 2 по Хану) в образцах, полученных пиролизом при низких температурах (< 400 °C) из грубых остатков кукурузы, проса и ивы, значительно выше, чем в биоуглях, получаемых пиролизом в диапазоне температур 400–600 °C. Содержание этих фракций в образцах, полученных высокотемпературным пиролизом, хотя и находится примерно в одном диапазоне, сильно варьирует. Результаты свидетельствуют о высокой степени зависимости содержания активных фракций ОВ как от вида исходного материала, так и температурного режима пиролиза. Этот вывод согласуется с данными, полученными при оценке биоуглей по содержанию фракций ОВ, растворимых в кипящей воде и смеси $Na_4P_2O_7$-NaOH.

В то же время содержание ОВ, инертного к окислению бихроматом калия в присутствии 24 N H_2SO_4 в биоуглях, получаемых пиролизом в диапазоне температур 400–600 °C, достаточно однородное и составляет от 82 до 91 %, при этом коэффициент вариации составляет всего 4 %. Содержание инертного ОВ в образцах, полученных при низкотемпературном пиролизе (< 400 °C) из грубых остатков кукурузы, проса и ивы, значительно ниже. Результаты могут трактоваться как отсутствие существенного влияния на содержание неокисляемой фракции ОВ, свойств исходного материала при использовании высокотемпературных технологий пиролитической обработки.

Таблица 1.

Содержание углерода фракций ОВ с высокой степенью окисляемости (фракция 1 и 2, определяемые методом Хана) и фракций ОВ, выделяемых кипящей водой и смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH в образцах биоугля различного происхождения, в % к общему углероду

Вид биоугля	Фракция 1 по Хану (12 N H_2SO_4)	Фракция 2 по Хану (18 N-12 N H_2SO_4),	Фракция ОВ, выделяемая кипящей водой	Фракция ОВ, выделяемая смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH
Сосна (пиролиз при 400-600 °С)	0,99	3,34	0,05	0,28
Кедр (пиролиз при 400-600 °С)	0,39	4,57	0,10	0,25
Дуб (пиролиз при 400-600 °С)	0,95	3,72	0,13	0,35
Miscanthus (пиролиз при 400-600 °С)	0,64	4,23	0,09	0,25
Ива (пиролиз при 400-600 °С)	0,68	4,64	0,18	0,25
Кукуруза (пиролиз при 400-600 °С)	0,94	3,08	0,28	0,31
Просо (пиролиз при 400-600 °С)	2,05	7,76	0,28	0,40
Ива (пиролиз при t<400 °С)	1,40	11,58	0,27	0,40
Кукуруза (пиролиз при t<400 °С)	9,51	33,79	0,93	5,40
Просо (пиролиз при t<400 °С)	5,86	14,05	1,02	6,33

Таблица 2.

Матрица корреляций содержания углерода (в % от общего углерода) во фракциях, выделяемых различными методами из биоуглей

		Фракции ОВ, легко подверженные окислению по методу Хана		Фракция ОВ, выделяемая кипящей водой	Фракция ОВ, выделяемая смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH
		фракция 1	фракция 2		
Фракции ОВ, легко подверженные окислению по методу Хана	фракция 1	1,00	0,95 (p=0,00)	0,92 (p=0,00)	0,92 (p=0,00)
	фракция 2		1,00	0,81 (p=0,01)	0,78 (p=0,01)
Фракция ОВ, выделяемая кипящей водой				1,00	0,98 (p=0,00)
Фракция ОВ, выделяемая смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH					1,00

В таблице 2 представлена матрица корреляций содержания фракций углерода, подверженных в различной степени окислению по Хану, содержания фракций ОВ, растворимых в кипящей воде и смеси $Na_4P_2O_7$-NaOH.

Оценивая корреляционные связи, можно отметить, что существует тесная, статистически значимая корреляция между содержанием органического углерода, извлекаемого горячей водой и смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH. Также отмечается тесная, статистически значимая корреляция между данными показателями с содержанием фракций 1 и 2, оцениваемых по окисляемости по методу Хана.

Заключение

Метод Хана, разработанный для оценки окисляемости ПОВ, можно модифицировать и адаптировать для оценки окисляемости ОВ биоуглей. Разделение пула ОВ биоуглей на 4 фракции: легко-, средне-, трудноразлагаемые и неокисляемые может быть достаточно информативным, поскольку позволяет оценить количество активного и инертного ОВ, вносимого в почвы с биоуглями, полученными из растительного различного происхождения в различных режимах пиролиза. Содержание органического углерода, извлекаемого из биоуглей горячей водой или смесью $Na_4P_2O_7$-NaOH, имеет сильную корреляцию с содержанием фракций ОВ, определяемых по методу Хана, поэтому эти методы могут быть использованы для быстрого скринингового обследования свойств биоуглей различного происхождения.

Литература

1. ГОСТ 27593-88. Межгосударственный стандарт. Почвы. Термины и определения.
2. Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. Front Ecol Environ, 2007; 5(7): 381–387
3. Sombroek W, Ruivo ML, Fearnside PM, et al. 2003. Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks. In: Lehmann J, Kern DC, Glaser B, and Woods WI (Eds). Amazonian Dark Earths: origin, properties, management. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
4. Pessenda LCR, Gouveia SEM, and Aravena R. 2001. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with 14C ages of fossil charcoal. Radiocarbon 43: 595–601.
5. Kuzyakov Y, Bogomolova I, Glaser B. 2014. Biochar stability in soil: Decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific 14C analysis Soil Biol Biochem 70 229-236
6. Lehmann J, Gaunt J and Rondon M 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 403-427.
7. Chan KY, Bowman A, Oates A 2001: Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic Paleustalf under different pature leys. Soil Sci 166: 61–67.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: БИОТОПЛИВО ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ

Калайда М.Л., Зуева О.С., Галимова Р.Ш.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Зуев Ю.Ф.,
ФГБУН Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань

RENEWABLE ENERGY: BIOFUEL FROM ALGAE

Kalaida M.L., Zueva O.S., Galimova R.S.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan,
Zuev Yu.F.,
Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan

Аннотация

Рассмотрено современное состояние развития биоэнергетики, которая базируется на получении различных видов углеводородного топлива из биологического сырья. Описаны пути выращивания и переработки водорослевой биомассы в различные виды биотоплива. Показано, что сочетание биотехнологий доочистки сточных вод и использования водорослей позволит не только осуществить регенерацию энергии, но и способствует улучшению экологической ситуации и частичному решению проблем с вредными выбросами. Отмечено, что получение дополнительных энергоносителей из водорослевой биомассы позволяет решать приоритетные задачи экологических программ энергосбережения и ресурсоэффективности в Республике Татарстан.

Annotation

The current state of bioenergy development, which is based on the production of various types of hydrocarbon fuels from renewable raw materials is considered. The ways of growing and conversion of algal biomass in biofuels are described. It is shown that the combination of biotechnology tertiary sewage treatment and the use of algae will not only carry out the regeneration of energy, but also helps to improve the environmental situation and partially solve the problems with emissions. It is noted that obtaining additional energy from algal biomass can solve environmental priorities and resource saving programs in the Republic of Tatarstan.

Одним из приоритетных направлений развития энергетики является альтернативная (возобновляемая) энергетика, в том числе биоэнергетика, базирующаяся на получении различных видов углеводородного топлива из биологического сырья [1, 2]. Вовлечение в энергобаланс энергии, полученной из отходов и от возобновляемых источников энергии, в том числе из биомассы, снижает потребности в ископаемых энергоресурсах, а также техногенную нагрузку на биосферу. Наибольшее развитие получили технологии производства биотоплива из пищевого растительного сырья, ограниченность источников которого очевидна. Интенсивно разрабатываются также технологии получения биотоплива, использующего гораздо менее ценное непищевое растительное сырье, например различные растительные отходы, включая высшую водную растительность [3, 4]. Преимуществом использования высшей водной растительности является возможность сочетания биотехнологий доочистки вод [5, 6] и использования водорослевой биомассы для получения биогаза в метантенках [4]. Преобразование биомассы в экологически чистый источник энергии при одновременном снижении парникового эффекта осуществляется также в технологиях ее переработки в синтетический газ (син-газ) с помощью разработанных для промышленной переработки отходов плазменных газификаторов [7]. Совокупная энергия, извлеченная из исходного сырья, переработанного газификатором, составляет примерно

80 %. Эта регенерированная энергия представляет собой чистый, обогащенный синтетический газ, который можно использовать для генерации электроэнергии, получения жидкого топлива или иной энергетической продукции. Кроме того, син-газ с помощью фильтрующих элементов гораздо проще может быть очищен от вредных примесей. Сочетание биотехнологий доочистки сточных вод и биоэнергетики позволяет решать приоритетные задачи экологических программ энергосбережения и энергоресурсоэффективности в Республике Татарстан.

Другим перспективным направлением использования водорослей является получение из водорослевой биомассы различных видов моторного топлива. Хотя подобные технологии еще только начинают развиваться, им прочат большое будущее. В настоящее время разработаны технологии, позволяющие получать из водорослей весь диапазон жидких моторных топлив, включая морозоустойчивые сорта, для автомобилей и для авиатранспорта, однако по себестоимости эти виды топлива уступают традиционным. Основной причиной является дороговизна исходного сырья, определяемая неэкономичностью выращивания и сбора растительной биомассы, нестабильностью химического состава и дополнительными финансовыми расходами при ее переработке в биотопливо. В основном разрабатываются технологии получения из водорослевой биомассы биодизельного топлива и биоэтанола, но в силу особенностей состава водорослевой биомассы, обычно имеющей высокое содержание липидов, предпочтение все же отдается биодизельному топливу.

Главными задачами в использовании водорослей для целей биоэнергетики, в частности для получения различных видов моторного топлива, являются поиск и разработка экономически выгодных технологий выращивания, экстракции и переработки водорослей: выбор и создание с привлечением методов генной инженерии водорослей с высокими скоростями воспроизводства, устойчивостью к болезням и выживаемостью в конкретных условиях, разработка методов их культивирования, разработка способов регуляции химического состава водорослей, а также развитие и усовершенствование различных технологий извлечения биотоплива из биомассы водорослей. Особое значение имеет конструкция биореакторов для выращивания водорослей, в первую очередь – эффективное освещение.

Следует отметить, что существуют два подхода к решению проблемы получения биотоплива из водорослей. Традиционный путь, нацеленный на максимальное производство биомассы, использует естественную склонность организмов к воспроизведению. Как и наземные растения, водоросли растут, накапливают углеводы, крахмал или липиды. Полученную из водорослей биомассу можно переработать либо в жидкое биотопливо, а остатки – в топливные брикеты или в биогаз, либо сразу непосредственно в биогаз или син-газ. В таком случае предпочтение отдается водорослям с высокой скоростью роста и воспроизводства, с определенным химическим составом. Существует и другой путь использования водорослей для получения биотоплива – использование фотосинтезирующих водорослей, напрямую преобразующих диоксид углерода и воду в биотопливо, используя для этого энергию солнца.

В технологиях переработки водорослевой биомассы в различные виды моторного топлива предпочтение отдается микроскопическим планктонным водорослям. Одноклеточные водоросли обладают высокой скоростью роста и размножения, используя воду, солнечную энергию и углекислый газ, и не требуют земельных ресурсов. Поскольку активный рост водорослей происходит в среде с повышенным содержанием углекислого газа, для их культивирования может быть использован углекислый газ промышленного происхождения, что также способствует улучшению экологической ситуации, частичному решению проблем с вредными выбросами и получению дополнительных энергоносителей.

Культивируемые организмы относятся к двум основным систематическим группам, включающим в себя прокариотические синезеленые водоросли (цианобактерии) Cyanophyta (Cyanobacteria) и эукариотические водоросли. Среди последних чаще всего выращиваются зеленые водоросли (Chlorophyceae), выделяющиеся замечательной особенностью вырабатывать большое количество энергоемких соединений. Имеются факторы, снижающие возможности широкомасштабного использования водорослей, в первую очередь связанные с климатом. Наиболее рентабельный способ выращивания водорослей в открытых водоемах может быть

использован только как дополнительный сезонный метод получения биомассы. В то же время существование крупных промышленных производств, нуждающихся в утилизации углекислого газа и позволяющих обеспечить круглогодичные потребности в тепле (например, ТЭЦ), дает возможность сосредоточить выращивание водорослей при этих объектах. Дальнейшая переработка полученной биомассы в целях получения биодизельного топлива может быть осуществлена либо централизованно, либо на малых установках, разработанных для целей экстракции содержащихся в ней масел.

Среди значимых направлений развития технологии стала разработка генетически модифицированных водорослей, перспективных для задач энергетики. Например, генная модификация цианобактерии Synechocystis PCC 6803 способна к фотосинтезу и к гетеротрофии в темноте. Обычная цианобактерия не способна синтезировать триглицериды, а ее модификация с геном, ответственным за этот процесс, способна с производства углеводов перейти к производству жирных кислот. При изменении условий культивации или путем генетической модификации некоторые автотрофные водоросли могут быть превращены в гетеротрофные, которые начинают продуцировать липиды в отсутствие света. Например, гетеротрофная разновидность Chlorella pototheco ides обычной автотрофной водоросли хлореллы может использовать органические источники углерода для своего питания, производя в 4 раза больше липидов, чем ее автотрофные разновидности.

Подобные штаммы микроводорослей используются компанией Solazyme, производящей из водорослей биодизельное и реактивное топливо, масла различного назначения и другие пищевые и химические продукты. Изначально водоросли выращивались компанией в освещенных биореакторах, в которых биомасса наращивалась стандартным путем за счет фотосинтеза, в процессе которого необходимый для выработки липидов углерод усваивался из углекислого газа. Однако в ходе экспериментов выяснилось, что более оптимальным способом является «косвенный фотосинтез» – выращивание определенных штаммов микроводорослей в темноте, где увеличение массы водорослей происходит за счет дополнительной подкормки углеводами. В качестве питающих водоросли углеводов могут быть использованы остатки растений кукурузы или сахарный тростник. Водоросли потребляют углеводы, превращая их в липиды. Такая технология имеет высокий КПД и позволяет использовать в качестве биореакторов стандартные массивные промышленные ферментеры. Это направление поддерживается компанией Chevron Corp, являющейся вторым по величине американским производителем нефти.

Нетрадиционный путь получения биотоплива из водорослей связан с использованием направленных генных модификаций для конструирования фотосинтезирующих микроорганизмов, в основном некоторых разновидностей синезеленых водорослей (цианобактерий) Cyanobacteria и бактерий из рода Rhodobacter. Под действием солнечной энергии через фотосинтез они напрямую преобразуют углекислый газ и воду в энергоемкие соединения, которые могут экстрагироваться в окружающую среду. Развитие этой технологии позволит перейти от процесса накопления и последующей обработки биомасс к непрерывному производству требуемых химических соединений, например, алканов – прекурсоров биодизельного топлива.

Целенаправленное конструирование фотосинтезирующих цианобактерий позволило создать их генетически модифицированные разновидности, которые могут синтезировать молекулы химических соединений высокой стоимости, таких как этанол, изобутиральдегид, изобутанол, алканы и т.д., и выделять их в окружающую среду через клеточную стенку. Большой потенциал использования цианобактерий в качестве платформы для производства биотоплива обусловлен их быстрым ростом при небольшой потребности в питательных веществах, способностью эффективно фиксировать углекислый газ и успешностью проводимых с ними генетических манипуляций. Данные о возможностях производства различных химических соединений генетически модифицированными культурами цианобактерий говорят о том, что выход конечного продукта по-прежнему является значительно более низким, чем у ферментативных систем, однако принципиальная возможность получения указанных соединений существует [1–3]. Главным достоинством является то, что здесь топливо получается напрямую, т.е. нет затрат, связанных с последующей переработкой биомассы в биотопливо.

Резюмируя, можно отметить наличие инфраструктуры, почти полностью готовой к выращиванию микроводорослей и использованию полученного из них биотоплива – существование крупных промышленных производств (например, ТЭЦ), нуждающихся в утилизации углекислого газа и позволяющих обеспечить круглогодичные потребности в тепле. Упрощение процедуры получения биотоплива и возможность его дальнейшего использования на том же производстве приведет к экономии топлива и решению экологических проблем.

Литература

1. Зуева О.С., Калайда М.Л., Зуев Ю.Ф. Биотопливо из водорослей: направления развития и нанотехнологии / Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике. Т. II. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – С. 81–98.
2. Зуева О., Калайда М., Чичиров А. Биотопливо и бионанотехнологии. – Saarbrücken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), 2014. – 112 с.
3. Калайда М.Л., Зуева О.С., Зуев Ю.Ф., Галимова Р.Ш. Использование водорослей для получения биотоплива как перспективное направление альтернативной энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – № 7–8. – С. 96–103.
4. Калайда М.Л., Загустина С.Д. Анализ существующих установок для производства биогаза из биомассы водных растений. Материалы докладов II молодежной Международной конференции «Тинчуринские чтения» .Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007. С. 50–52.
5. Калайда М.Л., Загустина С.Д. Доочистка производственных сточных вод с помощью высших водных растений // Экология и промышленность России. 2010. № 3. С. 33–35.
6. Калайда М.Л., Загустина С.Д. Аккумулирование загрязняющих веществ водными растениями и возможности утилизации растительной массы //Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 21. № 9. С. 33–39.
7. Технология плазменной газификации Westinghouse Plasma Corp. [Электронный ресурс]; // URL:http://www.cleandex.ru/articles/2011/07/27/zavody_po_pererabotke_othodov_proizvodstva_i_potrebleniya_v_elektroenergiyu (дата обращения: 29.01.2015).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Желовицкая А.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ADVANCED ELECTROCHEMICAL OXIDATION PROCESSES OF ORGANIC COMPOUNDS

Zhelovitskaya A.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Изучены перспективные процессы окисления органических соединений. Установлено, что эффективными являются электрохимические процессы окисления. Проведен процесс непрямого электрохимического окисления на примере органических соединений ароматического ряда.

Annotation

Advanced oxidation processes of organic compounds are studied. It is established that electrochemical processes of oxidation are effective. It is established that electrochemical processes of oxidation are effective.

На сегодняшний день окислительные процессы (advanced oxidation process) обработки сточных вод являются относительно новыми и, очевидно, в дальнейшем наиболее востребованными [1]. Причиной является возможность более эффективного осуществления водоочистки ввиду использования нетоксичных окислителей – гидроксильных и гидропероксидных радикалов. Данные процессы позволяют осуществлять обработку воды, содержащей трудноокисляемые органические соединения. Согласно литературным данным [2], различают химические, электрохимические, фотохимические и фотокаталитические окислительные системы. К химическим системам относят: H_2O_2/Fe_2+, O_3/Fe_2+, O_3/Cu_2+, H_2O_2/Cu_2+, к электрохимическим: H_2O_2/Fe_2+, к фотохимическим: H_2O_2/УФ, O_3/УФ, H_2O_2/ O_3/УФ, к фотокаталитическим: O_3/Fe_2+/ УФ, H_2O_2/Fe_2+/УФ, O_3/Fe_2+/УФ/Cu_2+.

Сравнение систем: H_2O_2/Fe_2+- химический путь, H_2O_2/Fe_2+ – электрохимический и H_2O_2/Fe_2+/УФ показывает, что преимуществом обладает фотокаталитическая система. Во-первых, окислитель – H_2O_2 можно генерировать двухэлектронным превращением кислорода на катоде. Материалом катода служит сетчатый стеклянный углерод, войлочный углерод, O_2 – диффузионный электроды. В этом случае загрязняющие вещества могут быть окислены не только электрогенерированными молекулами перекиси водорода, но и частицами ·OH, сформированными на аноде:

$H_2O \rightarrow {}^{\cdot}OH_{адс} + H+ + e$

Освещение УФ-излучением позволяет увеличивать выход Fe_2+ по реакции:

$Fe(OH)^{2+} + h\nu \rightarrow Fe_2+ + {}^{\cdot}OH$

Фоторазложение комплексов Fe^{3+} с некоторыми кислотами позволяет регенерировать Fe^{2+} в большей степени:

$Fe(OOCR)^{2+} + h\nu \rightarrow Fe^{2+} + CO_2 + R^{\cdot}$

Увеличение окислительной силы электролитической системы H_2O_2/Fe^{2+} связано с добавлением малых количеств Fe^{2+} (катализатор), которые реагируют с перекисью водорода до образования ·OH частиц:

$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + {}^{\cdot}OH + OH-$

В этих условиях трудноокисляемые органические вещества разрушаются главным образом комбинированной атакой на аноде и в среде.

Процесс генерирования радикалов может также осуществляться химическим путем.

$Fe_2+ + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH- + HO^{\cdot}$

$Fe_2+ + HO^{\cdot} \rightarrow Fe^{3+} + OH-$

$H_2O_2 + HO^{\cdot} \rightarrow H_2O + HOO^{\cdot}$

Однако недостатком последнего способа является необходимость оптимизации соотношений $[H_2O_2]/[Fe^{2+}]$ и $[Fe^{2+}][RH]$. При этом pH также является важным параметром, поскольку его величина способствует взаимодействию органического вещества с реагентом в максимальной степени.

В последние годы большой интерес в развитии эффективных методов удаления загрязняющих веществ из водных растворов представляют методы, основанные на технологиях прямого и непрямого электрохимического окисления, относящиеся к перспективным электрохимическим процессам окисления (advanced electrochemical oxidation processes) [1].

В прямом электрохимическом методе (анодное окисление) органические соединения, по существу, разрушаются реакцией с адсорбированными гидроксильными радикалами на анодной поверхности, которые генерируются путем окисления воды:

$H_2O \rightarrow {}^{\cdot}OHадс + H^+ + e$

Поскольку участие гидроксильных радикалов в реакции является ключевым фактором разрушения загрязняющих веществ, поэтому эффективность их генерации связана с природой анодного материала. Традиционно для этой цели используют аноды из платины, а также оксидные электроды, такие как PbO_2, SnO_2, Ti/IrO_2, Ti/RuO_2, Ti/SnO_2 или недавно используемые тонкопленочные алмазные электроды, допированные бором [1, 3]. Эти электроды способствуют генерированию радикалов ·OH как интермедиата прямого окисления воды до кислорода, который снова адсорбируется на анодной поверхности:

$H_2O \rightarrow {}^{\cdot}OH_{(ads)} + H^+ + e$

Методы непрямого электрохимического окисления (катодное восстановление) [4] включают предшествующее образование окислительных агентов, таких как H_2O_2:

$O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O_2$

Или хорошо известный реагент Фентона (H_2O_2/Fe^{2+}):

$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe(OH)^{2+} + {}^{\cdot}OH$

На основании литературных источников нами был выбран и реализован процесс непрямого электрохимического окисления. Процесс осуществляли в коаксиальном бездиафрагменном электрохимическом реакторе. В качестве материалов электродов были выбраны: анод – оксидно-рутений титановый (ОРТА), катод – сталь (Ст. 3). Объектами исследования являлись органические соединения класса фенолов – 1,3 -дигидроксибензол и соединение красителей антрахинонового ряда – натриевая соль 3,4 -дигидрокси -9,10 – диоксоантраценсульфоновая -2 кислота. Степень деструкции органических соединений оценивали спектрами поглощения и показателе ХПК. Из полученных данных установлено, что конверсия органических веществ составляет 90–96 %. На основании полученных результатов можно утверждать, что процессы непрямого электрохимического окисления являются эффективными.

Литература

1. Oturan, M.A. Electrochemical Advanced Oxidation Processes (EAOPs) for the Environmental Applications / M.A. Oturan [and ets.] // Portugaliae Electrochimica Acta. – 2007. – V. 25. – № 1. – P. 1–18.
2. Garrido, J.A. Mineralization of Drugs in Aqueous Medium by Advanced Oxidation Processes / J.A. Garrido [and ets.] // Portugaliae Electrochimica Acta. – 2007. – V. 25. – № 1. – P. 19 – 41.
3. Comninellis, C. Electrochemical oxygen transfer reaction on synthetic boron-doped diamond thin film electrode / C.Comninellis [and ets.]. – Lausanne, 2004. – 197 p.
4. Корниенко В.Л. Непрямое электрохимическое деструктивное окисление ароматических соединений активными формами кислорода / Корниенко В.Л. [и др.] // Электрохимия. – 2007. – Т. 43 – № 11. – С. 1311–1316.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СХЕМА ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Чудакова О.Г., Желовицкая А.В., Рахматуллин Э.Э.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ENERGY SAVING GREENING OF PRODUCTIONS

Chudakova O.G., Zhelovitskaja A.V., Rakhmatullin E.E.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В представленной работе разбираются источники загрязнения окружающей среды. Анализируется приблизительный состав воздуха рабочих зон и состав сточной воды. Экологизация предлагает комплексное решение нескольких проблем предприятия. Проведя патентный и литературный обзор, выбраны оптимальные аппараты для экологизации производства. Предложена общая схема экологизации предприятия. Использование напорного флотатора помогает сохранить электроэнергию и не требует дополнительных станций.

Annotation

Sources of environmental pollution understand the presented work. The approximate composition of air of working zones and composition of sewage is analyzed. Greening proposes the complex solution of several problems of the enterprise. Having carried out the patent and literary review optimum devices for production greening are chosen. The general scheme of greening of the enterprise is offered. Use of a pressure head flotator helps to keep the electric power, and doesn't demand additional stations.

Все больше и больше человечество задумывается над воздухом, которым он дышит не только дома, на улице, в парках, а также в рабочих помещениях. С заботой о здоровье дополнительно каждый человек придирчиво выбирает воду, которую он хочет употребить. Учитывая современные темпы роста малого бизнеса и предприятий, необходимо задумываться об экологизации любого негативного источника загрязнения окружающей среды [1, 2]. В выбросах промышленных предприятий содержится большое число различных вредных примесей как неорганической, так и органической природы. Например, к взвешенным веществам относится пыль в воздухе, к неорганическим – углекислый газ, органическим – этиловый спирт, полиакриламид и другие. С другой стороны у каждого предприятия имеются сточные воды как бытовые, так и технологические из цехов [3] (рис. 1).

Сточные воды большинства предприятий, не связанные с гальванопроцессами, содержат в своем составе: взвешенные вещества, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, аммонийный азот [4]. Предложенный способ экологизации производств с использованием компрессора помогает решить эти обе проблемы одновременно. Воздух смешивается с выбросами компрессорами 1, если необходимо то и с горючей смесью. Газовоздушная смесь поступает на фильтр 2 для очистки от пыли и сажи. В зависимости от типа производства можно выбрать абсорбер или осушитель газовоздушной смеси 3. Абсорбер необходим для извлечения из газов оксидов азота, сероводорода, диоксида серы и других сернистых соединений, паров кислот (например, соляной, серной), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (формальдегида, фенола, легковоспламеняющихся и летучих растворителей и других). Флотация применима для сточных вод любого производства, но только в зависимости от ее типа используются различные флокулянты. Эксплуатация компрессора заключается в подаче воздуха напорным методом во флотатор 4, соответственно увеличивается угол смачиваемости и способность прилипания загрязняющих веществ сточной воды [5]. Выбор этого флотатора сохраняет электричество на саму флотацию и необходимости использования дополнительных насосов или насосных станций. В завершение

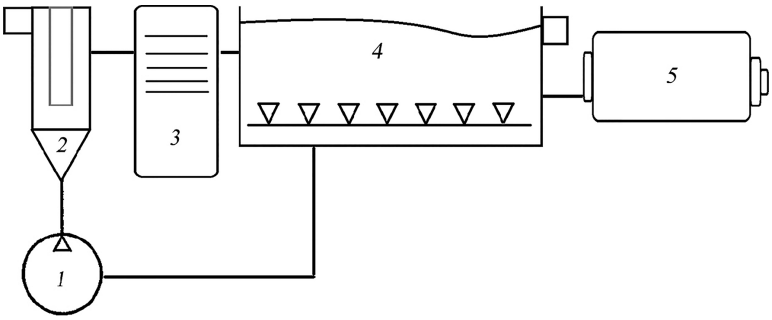


Рис. 1. Общая схема энергосберегающей экологизации производства

схемы очистки предполагается система отстойников, обеззараживатели или озонаторы 5 в зависимости от типа предприятия [6].

Литература

1. Шехова Н.В. Экологизация потребления в целях уменьшения экологического ущерба// Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2013. – № 8 (106). – С. 59–63.
2. Мячина Л.Я. Экологизация экономики и проблемы природопользования// Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2014. – № 2 (112). – С. 41–49.
3. Ребрина Н.Г. Инновационный подход к решению проблем экологизации производства// Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 4-2. – С. 582–585.
4. Шайхулисламова Г.Г., Федоров Г.Ю. Модернизация системы очистки сточных вод на ТЭЦ// Вестник магистратуры. – 2014. – № 1 (28). – С. 5–8.
5. Рудник М.И., Кичигин О.В. Фильтрационное и флотационное оборудование ИНСТЭБ для очистки сточных вод// Водоочистка. – 2010. – № 2. – С. 67–68.
6. Хакимов А.А., Чудакова О.Г., Желовицкая А.В. Эффективность очистных сооружений больших городов// В сб. докладов. Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности Международной научно-практической конференции. Том III. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 675–676.

ХИМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ УСТАРЕВШИХ ПОРОХОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Павлова Д.И., Романова С.М., Хузеев М.В., Ахтямова З.Г.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

CHEMICAL RECYCLING OF OUTDATED GUNPOWDER BASED ON CELLULOSE NITRATE

Pavlova D.I., Romanova S.M., Khuzeev M.V., Akhtyamova Z.G.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Огромное количество устаревших пироксилиновых порохов подлежит срочному изъятию со складов и использованию для невоенных целей. Их подвергают физической и химической модификации. С целью исследования возможности химической утилизации устаревших порохов в работе была изучена реакция высокоазотных нитратов целлюлозы с 2-метилимидазолом при различных времени выдержки и температуре. В результате эксперимента получены полимеры, строение и свойства которых установлены физико-химическими методами анализа. На основании полученных данных предложена схема преимущественных путей протекания химического взаимодействия.

Annotation

A huge number of outdated pyroxylin powders to be immediately remove from stocks and use for non-military purposes. They are subjected to physical and chemical modification. In order to investigate the possibility of recycling of outdated chemical powders the reaction between highly nitric cellulose nitrates and 2-methylimidazole at different exposure time and temperature has been studied. As a result of experiment polymer structure and properties are established by physico-chemical methods of analysis. Based on this data the scheme of preferential ways of chemical interaction is proposed

На базах министерства обороны ежегодно накапливаются сотни, тысячи тонн взрывчатых материалов, которые снимаются с вооружения в связи с несоответствием требованиям ГОСТ. Вопросом о реализации бездымных порохов в настоящее время интересуются также все страны Западной Европы и США, что вполне понятно, если принять во внимание, что в течение мировых войн были изготовлены десятки тысяч тонн бездымных пироксилиновых и нитроглицериновых порохов с пониженной химической стойкостью из сомнительных по чистоте и доброкачественности сырьевых материалов. До сих пор они уничтожались сжиганием [1]. Но данный метод не является рациональным с точки зрения ресурсосбережения и наносит существенный экологический ущерб региону.

В поиске возможных путей утилизации устаревших порохов и получения новых производных целлюлозы проводятся исследования химических свойств нитроэфиров целлюлозы и реакционной способности различных реагентов по отношению к ним [2, 3]. В научной литературе имеются данные о том, что введение N-содержащих гетероциклов в структуру данного полимера применяют для получения материалов, обладающих ионообменными свойствами, например, бумаги для хроматографии. Такие модификаты нитрата целлюлозы также используются для хроматографического разделения биологически активных препаратов (вирусы, низкомолекулярные фрагменты ДНК) [4, 5].

Целями данной работы являются исследование химического взаимодействия нитратов целлюлозы с 2-метилимидазолом и выявление направлений протекания реакции между ними на основании различных методов анализа.

Производные имидазола являются субстратом для изготовления различных противоинфекционных препаратов. На этом основании следует обратить внимание на биологическую активность получаемых соединений, поскольку создание имидазольного производного нитрата целлюлозы может открыть возможность конструирования полимера-носителя физиологически активного вещества [6].

В качестве исходного полимера, подлежащего химической модификации, использовали НЦ со степенью замещения нитратных групп 2,60 с эмпирической формулой

$C_6H_7O_2(OH)_{0,40}(ONO_2)_{2,60}$ (содержание азота 13,05 %). В результате реакций выделены твердые продукты в виде мелкодисперсного порошка светло-коричневого цвета, хорошо растворимого в диметилформамиде, диметилсульфоксиде, ацетоне и др.

Для изучения молекулярной структуры и свойств полученных продуктов применяли физико-химические методы: ИК- и ЯМР 1Н-спектроскопия, метод термической поляризационной микроскопии, вискозиметрический и элементный анализ.

На основании данных элементного состава были рассчитаны эмпирические формулы элементарного звена полимера. При температуре 60–80 °С происходило значительное уменьшение содержания нитратных групп и увеличивалось содержание гидроксильных групп и имидазольных колец. Для подтверждения предполагаемой структуры продуктов обратились к ИК- и ЯМР 1Н-спектроскопии.

В ИК-спектрах конечных полимерных продуктов наблюдаются кроме полос поглощения, характерных для связей в функциональных группах НЦ (ν, $см^{-1}$: 700-690, 750, 840, 1280, 1380, 1430, 1650-1670 ($-CH_2-ONO_2$); 1070 (C-O-C); 1170-1120 (глюкопиранозное кольцо)), полосы поглощения, характеризующие валентные и деформационные колебания связей, содержащихся в 2-метилимидазольном фрагменте (ν, $см^{-1}$: 1620-1500 (ароматические C-C и C-N-связи); 3440-3400(N-H)).

На спектрах ЯМР ^{1}Н полимера различимы сигналы (м.д.): 5,75 (^{3}Н), 5,15 (^{2,4}Н), 4,8 (^{6}Н), 4,1 (^{1,5}Н), соответствующие протонам глюкопиранозного кольца нитрата целлюлозы; 7,30 – сигнал, соответствующий протонам гетероатомного кольца 2-метилимидазола; 1,25 – сигнал в виде синглета отнесен к метильной группировке продуктов реакции.

Изменения молекулярной массы полимера можно проследить, сравнив характеристическую вязкость ацетоновых растворов эфиров целлюлозы до и после реакции. Вязкость растворов продуктов ниже вязкости ацетоновых растворов исходных нитратов, что свидетельствует о частичной деполимеризации цепи макромолекул полимера, при которой происходит разрыв β-гликозидных связей.

На основании данных исследований молекулярных характеристик продуктов реакции была предложена вероятная схема направлений химического превращения нитроэфира целлюлозы, протекающего одновременно на всей полимерной цепи. Представленные в работе данные свидетельствуют о том, что при 60–80 °С в среде этанола между высокоазотным нитратом целлюлозы и 2-метилимидазолом протекает химическая реакция, которая характеризуется рядом процессов: замещением функциональных групп НЦ на фрагмент 2-метилимидазола, частичным гидролизом нитратных групп, раскрытием глюкопиранозных колец с присоединением по концам полимерной цепи в положения C_1 и C_4 имидазольных колец, а также частичной деполимеризацией полимера.

Модификация НЦ 2-метилимидазолом расширяет возможности последующих химических превращений и получения новых целлюлозных материалов с целью дальнейшего использования полученных продуктов как сырья для создания хозяйственных товаров.

Литература

1. Опыт использования пироксилиновых порохов на инженерных работах / под ред. Константинов М.Н. – Киев: Издательство АН УССР, 1952. – 112 с.
2. Романова С.М. Исследование некоторых нуклеофильных процессов как основы рекуперации нитратов целлюлозы / Романова С.М., Мухетдинова А.М., Фатыхова Л.А., Фридланд С.В. // Вестник КТУ. – 2011. – № 21. – С. 203–206.
3. Романова С.М. Модифицирование азотнокислых эфиров целлюлозы несимметричным диметилгидразином и его гидразидами / Романова С.М., Мухетдинова А.М., Фридланд С.В. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2012. – Т 55, вып 3. 2012. С. 68–73.
4. Роговин З.А. Химические превращения и модификация целлюлозы / Роговин З.А., Гальбрайх Л.С. – 2-е изд-е перераб. – М.: Химия, 1979. – 208 с.
5. Бабкина С.С. Адсорбция ионов свинца (II) и кадмия (II) на поверхности нитроцеллюлозной мембраны, модифицированной денатурированной дезоксирибонуклеиновой кислотой / Бабкина С.С., Улахович Н.А., Зявкина Ю.И., Моисеева Е.Н. // Журнал физической химии. – 2003. – Т. 77. – №5. – С. 890–894.
6. Платэ Н.А. Физиологически активные полимеры / Платэ Н.А., Васильев А.Е. – М.: Химия, 1986. – 296 с.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТОПЛИВОПОДГОТОВКЕ

Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В., Ахметвалиева Г.Р., Салихзянова Д.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

NANOTECHNOLOGY IN THE FUEL PREPARATION

Zvereva E.R., Khabibullina R.V., Akhmetvalieva G.R., Salikhzyanova D.R.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Рассмотрено современное применение нанодобавок к нефтяному топливу, которые позволяют создавать экологически чистые виды альтернативных энергоресурсов, улучшить экологические характеристики процессов сжигания топлива, снизить вредные выбросы в атмосферу. Приведены варианты использования присадок на основе наноматериалов к моторным топливам. Показаны результаты исследований влияния углеродных нанотрубок на динамическую вязкость топочного мазута. Отмечено, что использование нанотрубок в качестве присадок к котельному топливу могло бы снизить затраты на собственные нужды станций и котельных, тем самым решая актуальные на сегодняшний день проблемы энергосбережения и ресурсоэффективности в энергетике в целом.

Annotation

The modern use of nano-additives to the fuel oil, which allow to create environmentally friendly forms of alternative energy, improve the environmental characteristics of fuel combustion, reducing harmful emissions into the atmosphere is considered . The variants of the additive's s on the basis of nanomaterials use for motor fuels are adduced. The results of studies of the carbon na-notubes's effect on the dynamic viscosity of fuel oil are showed. It is noted that the use of nano-tubes as additives to boiler fuel could reduce the cost of own needs boiler plants, thus solving the today actual problems of energy conservation and resource efficiency in the energy sector as a whole.

Наблюдающаяся в последние годы устойчивая тенденция снижения качества топлива, обусловленная более глубокой переработкой нефти и увеличением в топливе доли тяжелых остаточных фракций, требует решения ряда теоретических и эксплуатационных проблем, связанных с работой тепловых электростанций (ТЭС) и котельных на остаточных топливах. Ухудшение качества котельного топлива неизбежно приводит к проблемам из-за значительного содержания в топливе асфальто-смолистых веществ, высоких значений коксового остатка, серы и других включений, нестабильности топлив, склонности к образованию осадков на поверхностях нагрева и т.д. Таким образом, качество мазута оказывает существенное влияние на условия его транспортировки, хранения и сжигания, на объем выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, а также на работу основного и вспомогательного оборудования ТЭС и котельных.

В последние годы возросла роль экономических требований к топливным хозяйствам тепловых электрических станций и котельных промышленного назначения и жилищно-коммунального хозяйства. Увеличение цен на топливо выдвинуло помимо традиционных требований экономичности сжигания и ряд новых – уменьшение доли затрат на собственные нужды ТЭС и котельных, приходящихся на содержание топливных хозяйств. Кроме того, ужесточились требования, связанные с экологическими последствиями сжигания топлива. Именно поэтому повышение эффективности методов подготовки и сжигания топлива в части экономичности, надежности и экологической безопасности работы топливных хозяйств и энергетических котлов является актуальным.

Во многих случаях для эффективного использования тяжелых топлив требуется применение специальных присадок – веществ синтетического или природного происхождения, улучшающих эксплуатационные и физико-химические свойства топлива.

Динамичное развитие нанотехнологий не оставило стороной и подготовку нефтепродуктов к сжиганию: наметилась тенденция использования углеродных нанотрубок в качестве присадки к моторному топливу. Нанодобавки и нанокатализаторы обладают высокой каталитической активностью, селективностью, стабильностью. Высокая эффективность нанокатализаторов обусловлена уникальностью процессов переноса и распределения полей (зарядов), энергии, массы и информации, происходящих при наноструктурировании и химических реакциях в наносистемах, а также особенностями морфологии и энергетики развитых поверхностей наночастиц [1].

Специалистами Института прикладной нанотехнологии предложен новый путь снижения эмиссии вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания. Эффект достигается за счет использования растворимых в моторных топливах производных мочевины вместе с наноразмерными частицами соединений редкоземельных металлов. Технология, получившая название Urea&NanoCatalyst in Fuel Technology, не требует внесения изменений в конструкцию системы подачи топлива двигателя и изменений в технологии заправки топлива. Распределения наночастиц по размерам в структурированной углеводородной среде с присадкой наночастиц (0,26 % об.) исследовались методом малоуглового рентгеновского рассеивания. Обнаружено, что доля частиц с радиусом 21,7 nm (полуширина распределения 27А) составляет 23 % объема, доля частиц с радиусом 6,4 nm (полуширина распределения 29 А) – 77 % объема. На основе данной технологии разработана нанокаталитическая присадка FaberOхтм[2], в состав которой входит дисперсия в органическом растворе производных мочевины нанокапсулированного диоксида редкоземельного металла, органические нанокомпоненты. Присадка добавляется непосредственно в моторное топливо любого типа и обеспечивает понижение температуры оптимального горения топливной смеси и дополнительный резерв кислорода для ее более полного сгорания (особенно на последних стадиях процесса), повышает энергетическую и эксплуатационную эффективность работы двигателей внутреннего сгорания, уменьшает образование отложений в камере сгорания и выпускной системе, сокращает расход топлива, снижает эмиссию вредных веществ с отработавшими газами.

Также в качестве модифицирующей добавки к автомобильному бензину могут использоваться углеродные наноматериалы (УНМ), предпочтительно в виде многослойных нанотрубок (УНТ) [3]. Использование в составе добавки модифицирующей добавки в виде углеродных наноматериалов «Таунит» в пересчете на бензин в количестве от 10^{-6} до 10^{-4} мас. % обеспечивает:

– увеличение октанового числа на 9–11 ед;

– эффективное устранение смолистых отложений на впускных клапанах и инжекторах;

– улучшает экологическую безопасность использования бензина за счет более полного окисления продуктов сгорания;

– обеспечивает стабильность топлива при низких температурах;

– способствует уменьшению нагарообразования за счет их разрыхления.

Использование в составе добавки моющей присадки, включающей модификатор трения и показавшей высокие антикоррозионные свойства в композициях с ароматическими аминами, позволяет поддержать в чистоте основные элементы двигателей. Известно использование углеродных наноструктурных материалов в смесевых антидетонационных присадках к автомобильному бензину. Отмечено, положительное действие многослойных углеродных нанотрубок на детонационную стойкость топлива. Показано, что при введении многослойных углеродных нанотрубок марки «Таунит» в количестве 1...2 мг/л детонационная стойкость эталонной топливной смеси, содержащей 1,5 % масс. монометиланилина, увеличивается на 2,2...2,5 единицы [4].

В качестве присадок к жидким топливам используют наноразмерные присадки на основе галогенпроизводных фуллеренов, общей формулы Full Hall2x, где Full – фуллерен C_{60}, C_{70}, C_{72}, C_{76}, C_{78}, C_{82}, C_{84}, C_{90}, C_{94}, C_{96}, Hall - в виде F, Cl, Br, а x - 1-50, которые обладают антиза-

дирными, противоизносными и антиокислительными свойствами как при добавлении их к моторному биоэтанольному топливу, так и к неполярным органическим жидкостям [5].

В качестве добавок, улучшающих эксплуатационные свойства углеводородного топлива, могут использоваться компоненты, возникающие при высоковольтном электрическом разряде, дополнительные углеродсодержащие присадки и дисперсная фаза, при этом в качестве углеродсодержащих частиц используются наночастицы в виде углеродных нанотрубок. Данная топливная композиция позволяет значительно уменьшить время (длину) задержки воспламенения топлива и повысить устойчивость горения пламени. Последнее обусловлено тем, что квизиобъемный поджиг топлива в данном варианте осуществляется электрическим разрядом высокого напряжения (амплитуда 60 кВ, частота 400 Гц), при котором электроны (ионы, радикалы) производятся в большом объеме, и благодаря их интенсивной подвижности они оседают на наночастицах. Вследствие малого размера наночастиц возникают локальные электрические поля высокой напряженности, зажигаются коронные разряды вокруг наночастиц и реализуются многочисленные локальные пробои. Все это приводит к тому, что поджиг распыленного топлива производится в огромном объеме, а это согласно критерию Франк-Каменецкого обеспечивает гарантированный поджиг топлива и стабилизацию пламени даже при больших, в том числе сверхзвуковых, скоростях топливно-воздушной смеси [6].

Работы иностранных ученых по использованию углеродных нанотрубок в качестве добавок к дизельному и биодизельному топливу также подтверждают повышение эффективности сгорания и большую экономию топлива [7–10].

Применение новых высокоэффективных нанокатализаторов способствует улучшению экологических характеристик процессов и технологий в промышленности, энергетике и транспорте, снижению вредных выбросов в атмосферу, позволяет создавать экологически чистые виды альтернативных энергоресурсов, новые продукты и материалы.

Поскольку опыт применения углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве добавок к моторным топливам оказался успешным и уже внес свой вклад в улучшение свойств легких нефтепродуктов, есть основания для более детального изучения возможностей использования добавок с углеродными нанотрубками с целью улучшения эксплуатационных и экологических свойств котельного топлива, в том числе совместно с добавками, уже доказавшими ранее свою эффективность.

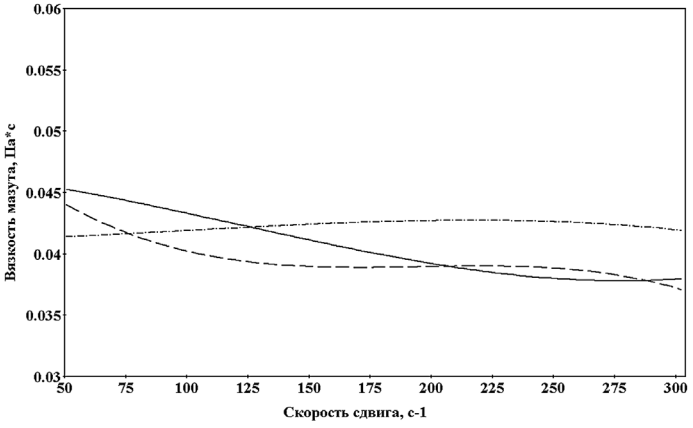


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости проб от скорости сдвига при t=85 °C:
чистый мазут;
ВТЭ с ДСН (100 мМ);
ВТЭ с ДСН (100 мМ) и УНТ массой 1 г.

На сегодняшний день нами проведены экспериментальные исследования вязкости смеси водотопливной эмульсии (ВТЭ) с многослойными нанотрубками «Таунит», а также смеси с раствором анионного ПАВ – додецилсульфата натрия (ДСН) в концентрации 100 мМ.

Как видно из рис. 1 наблюдается снижение динамической вязкости в зависимости от скорости перемещения слоев топлива, что связано с модификацией поверхности кристаллов парафинов таким образом, что они теряют способность к слипанию. При увеличении скорости сдвига до 225–230 с-1, возможно, происходит агрегирование слоев и их взаимное торможение, затем при перераспределении присадки между вновь образовавшимися слоями снова возникает тенденция снижения вязкости.

Резкое уменьшение стоимости многостенных углеродных нанотрубок, производство которых вышло за рамки лабораторных и полупромышленных установок, дает возможность предположить экономическую целесообразность их использования в качестве добавок не только к моторным, но и к котельным топливам.

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных исследований, проводимого Фондом и Правительством Республики Татарстан.

Литература

1. Карпинец А.П. Перспективы применения нанотехнологий на автомобильном транспорте. Часть 1. Наноструктуры и функциональные материалы // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2010. – № 1 (10). – С. 34–38.
2. Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В. Улучшение эксплуатационных свойств топлив наноприсадками//Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике. Монография. 2014. Т. 1. С. 280–311.
3. Пат. 2494139. Российская Федерация. Многофункциональная добавка к автомобильному бензину и содержащая ее топливная композиция / Ткачев А.Г., Слепов С.К., Ткачев М.А., Артемов В.Н. – Опубл. 27.09.2013. Бюл. № 27.
4. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского № 3 (47), 2013 г. С. 159–163.
5. Пат. 2478693. Российская Федерация. Топливная композиция, способ ее производства и присадка для жидкого топлива/ Житницкий А.Л. – Опубл. 10.04.2013. Бюл. № 10.
6. Пат. 2531146. Российская Федерация Топливная композиция / Яновский Ю.Г., Великодный В.Ю., Дыренков А.В. – Опубл. 20.10.2014. Бюл. № 29.
7. Jung H.S., Miller A., Park K., Kittelson D.B. Carbon nanotubes among diesel exhaust particles: real samples or contaminants? // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2013. – V. 63 (10). – P. 1199–1204.
8. Tewari P., Doijode E., Banapurmath N.R., Yaliwal V.S. Experimental Investigations on a Diesel Engine Fuelled with Multiwalled Carbon Nanotubes Blended Biodiesel fuels // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2013. – V. 3. – P. 72–76.
9. SadhikBasha J., Anand R.B. The influence of nano additive blended biodiesel fuels on the working characteristics of a diesel engine // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2013. – V. 35 (3). – P. 257–264.
10. Pat. WO 2004065529 A1 «Cerium oxide nanoparticles as fuel additives». – 2007. Pat. WO 2007128954 A1 «Biofuel». – 2004.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИООЧИСТКИ ХИМЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОБЪЕМА РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ ЗОНЫ

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»,г. Казань

THE DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF BIOREMEDIATION CHEMICALLY POLLUTED WASTEWATER FROM THE SCOPE OF THE REGENERATION ZONE

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В статье представлены данные результатов исследований, выполненных в условиях эксплуатации промышленных комбинированных аэротенков коридорного типа со сосредоточенной подачей активного ила и дифференцированным распределением сточной воды (с изменяемой зоной регенерации).

При одинаковых исходных параметрах определено, что из трех вариантов объема регенерационной зоны – 4,3 %, 17% и 33 % наиболее эффективная биоочистка при объеме регенерации 17 %.

Annotation

The article presents the results of research carried out in the conditions of industrial combined aeration corridor type with concentrated feed activated sludge and differential distribution of wastewater (with variable regeneration zone).

Using the same initial parameters determined that the volume of the three options regeneration zone – 4.3 %, 17 % and 33 %, the most effective bioremediation at volume recovery of 17 %.

Список принятых сокращений:
СВ – сточные воды;
БОС – биологические очистные сооружения;
ДАИ – дегидрогеназная активность ила;
АИ – активный ил;
ЗВ – загрязняющие вещества;
ХПК – химическое потребление кислорода;
БПК – биологическое потребление кислорода.

В соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 [1] в случае поступления СВ с $БПК_п \geq 150$ мгO_2/дм^3 или сточных вод с вредными и трудноокисляемыми примесями необходима регенерация активного ила. Регенерация проводится без подачи в аэрационную зону или в отдельно выделенный регенератор сточных вод и при более высокой концентрации АИ (выше в 1,5–3 раза) по сравнению с окислительной зоной аэротенка.

Регенерация может проводиться в отдельно расположенном сооружении (регенераторе), или занимать один первый по ходу движения жидкости коридор (в трехкоридорном аэротенке), или два коридора – в четырехкоридорном аэротенке.

Если в трехкоридорном аэротенке под регенерационную зону выделен один коридор, то объем регенератора составляет 33 % от полного объема аэротенка, если в четырехкоридорном аэротенке выделено два коридора, то объем регенератора составляет 50 % [4].

Типовые аэротенки разработаны в виде 2-, 3-, 4-коридорных, обеспечивающих 25, 33, 50 % регенерационную зону.

Но в комбинированном аэротенке со сосредоточенной подачей АИ и дифференцированной подачей СВ объем регенерационной зоны можно регулировать, перераспределяя подачу через окна. В условиях нестабильных и меняющихся во времени нагрузок, особенно характерных для промышленных СВ, возможность регулирования регенерационной зоны является преимуществом, позволяющим регулировать объем регенерации и, соответственно, поддерживать уровень эффективности биоочистки на постоянном и требуемом уровне [4].

Объем регенерационной зоны в аэротенке может изменяться в зависимости от технологической необходимости – концентрации и токсичности ЗВ, степени окисления и т.д.

Практика эксплуатации промышленных аэротенков ОАО «Казаньоргсинтез» и дополнительно проведенные автором исследования в условиях биологической очистки производственных химзагрязненных сточных вод показали, что эффективность биоочистки значительно выше в аэротенках с регенерацией активного ила в отдельных, вынесенных за пределы аэротенков сооружениях (отдельных регенераторах) по сравнению с регенераторами, совмещенными с зоной окисления аэротенка.

Технологическое преимущество регенерации в отдельных сооружениях объясняется следующими основными причинами:

1) в отдельных регенераторах можно поддерживать более высокую концентрацию (дозу) активного ила (в 2–3 раза выше) по сравнению с совмещенными сооружениями;

2) формируется специфическая микрофлора активного ила, более адаптированная к доокислению трудноокисляемых ЗВ сточных вод;

3) в отдельных регенераторах обеспечивается более стабильный во всем объеме регенератора гидродинамический и массообменный процесс между газовой фазой (кислород воздуха) и микрофлорой регенерируемого АИ (в совмещенных с аэротенками устройствах частично в массообмене участвует третья фаза – СВ, особенно в объеме, граничащем между зонами регенерации и окисления);

4) отдельные регенераторы обеспечивают высокую степень очистки СВ даже в случае поступления токсичных соединений;

5) регенераторы могут стать резервом работоспособных микроорганизмов активного ила в случае их лизирования (гибели) при сбросах аномальных токсичных ЗВ (в реальных условиях действующего предприятия подобные аномальные сбросы происходят довольно часто).

Необходимо подчеркнуть, что несмотря на явные преимущества биоочистки с использованием регенерации АИ в отдельных регенераторах, в настоящее время при проектировании (и соответственно при последующем строительстве и эксплуатации) очистных устройств предпочитаются регенераторы, совмещенные с аэротенками.

Поэтому следующим этапом исследований по определению степени влияния аспектов, связанных с регенерацией активного ила, был анализ эффективности окисления по основному показателю, характеризующему концентрацию химически окисляемых ингредиентов ЗВ – ХПК, при различных объемах зон регенерации в типовом аэротенке – смесителе – вытеснителе 3-коридорного типа с концентрированной подачей активного ила и дифференцированной подачей сточной воды БОС ОАО «Казаньоргсинтез».

Для целей данного исследования регенерацию активного ила проводили при двух крайних возможных регенерационных объемах, предусмотренных проектным технологическим регламентом: 33 % и 4,3 % объема суммарного объема аэротенка и регенератора. Основные результаты исследований представлены в табл. 1, из которой видно, что эффективность биоочистки по ХПК и окислительная мощность выше при объеме регенерационной зоны, равной 33 %.

В аэротенке с максимальной зоной регенерации надиловая жидкость прозрачная, хлопья ила плотные, размеры средние, границы ила четкие. Из простейших присутствуют коловратки, раковинные амебы.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о нецелесообразности уменьшения зоны регенерации до 4,3 % и необходимости оптимизации исследуемого технологического параметра.

Далее определяли эффективность биодеструкции при 17 %-ном (среднем) объеме регенерационной зоны и при равнозначных других биотических и абиотических параметрах: концентрации АИ, коэффициенте рециркуляции АИ, концентрации растворенного кислорода, pH, концентрации биогенных элементов (азота и фосфора), температуре, ХПК и токсичности исходных сточных вод.

Анализировались пробы поступающего химстока, АИ перед аэротенками и смеси в аэротенках на ХПК, O_2 по всей длине аэротенка в 30 точках. Исследованиями установлено, что из нескольких вариантов биоочистки СВ в аэротенках – смесителях – вытеснителях 3-коридорного

типа с объемом регенерации в интервале 4,3–33 % лучшие результаты биоочистки по многим показателям оказались при 17 % объема регенерации (табл. 1).

Таблица 1.

Эффективность биологической очистки химзагрязненных сточных вод по ХПК при различных объемах зоны регенерации

ХПК, мг O_2/л		Эффективность биоочистки по ХПК, %	Нагрузка на активный ил, мг ХПК/г	Окислительная мощность, мг ХПК/ (г/час)
на входе в аэротенк	на выходе			
I. Режим биоочистки с max (33 %) зоной регенерации				
787	178	77,4	7,02	5,43
II. Режим биоочистки с min (4,3 %) зоной регенерации				
787	186	76,3	7,02	5,3
III. Режим биоочистки со средней (27 %) зоной регенерации				
843	132	84,3	7,5	5,9

Примечание: концентрация (доза) активного ила в аэротенке – 5,6 г/л; коэффициент рециркуляции – 1,5.

Определение дегидрогеназной активности ила (ДАИ) при различных объемах регенерации показало, что в конце зоны регенерации с объемом 4,3 % ДАИ значительно выше, чем в конце зоны регенерации с объемом 17 %, на основании чего можно сделать вывод о незаконченности процесса окисления ЗВ в зоне с объемом регенерации 4,3 %. Микроскопирование микроорганизмов АИ из зоны регенерации с объемом в 17 % показывает, что хлопья ила плотные, размеры средние, границы ила четкие, надиловая жидкость прозрачная. Из простейших в АИ присутствуют коловратки, раковинные амебы.

Увеличение объема регенерации с 17 % до максимального (33 %) не изменяет эффективности биоочистки по ХПК, что связано, видимо, с соответствующим уменьшением объема зоны окисления (периода аэрации), и при некотором предельно минимальном объеме зоны окисления объема становится недостаточно для окисления сорбированных активным илом загрязнений. Кроме того, оказывает влияние на эффективность окисления и различный возраст ила [3].

Дополнительными исследованиями установлено, что старый ил более устойчив к изменяющимся концентрациям и составу СВ. В аэрационной (окислительной) зоне с меньшим объемом возраст ила более молодой и воздействие измененного состава СВ вызовет более длительный адаптационный период.

Литература

1. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85.
2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: Акварос, 2003. – 507 с.
3. Кирсанов В.В. Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: Монография/Под ред. проф. Глебова А.Н.. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010, 264 с.
4. Кирсанов В.В. Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды, часть I. Процессы и аппараты защиты гидросферы/Кирсанов В.В. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. университета, 2013. – 496 с.

СИНТЕЗ ХЛОРНИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Романова С.М., Мадякина А.М., Фридланд С.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

SYNTHESIS OF CELLULOSE CHLORINE NITRATE

Romanova S.M., Madyakina A.M., Fridland S.V.,
Kazan National Research technological University, Kazan

Аннотация

Изучено взаимодействие нитрата целлюлозы с тионилхлоридом в гомогенной среде диметилформамида. В результате физико-химических исследований были установлены наиболее вероятные пути протекания химической реакции, а именно: замещение гидроксильной групп на атомы хлора, деструкция цепи макромолекул полимера, раскрытие цикла глюкопиранозы и омыление нитратных групп.

Annotation

Studied in the paper is the interaction cellulose nitrates with thionyl chloride in a homoge-neous medium of dimethylformamide. By means of chemico-physical investigation there have been found the most probable reaction routes, namely, replacement of the hydroxyl group by the chlorine atoms, the polymer chains of the macromolecules degradation, glucopyranose ring opening and par-tial saponification of the nitrate group.

В органической химии часто встречающаяся реакция нуклеофильного замещения, в том числе в химии углеводов, позволяет синтезировать большое число новых продуктов. По схеме нуклеофильного замещения получены многочисленные производные моносахаридов: дезоксисахара, ангидросахара и их непредельные соединения. Число подобных работ на полисахаридах значительно меньше.

Интерес для использования в качестве исходного реагента для реакций нуклеофильного замещения может представить такой продукт, как нитрат целлюлозы (НЦ), эфирная связь которого сильно поляризована, являющийся в настоящее время промышленным отходом вследствие истечения срока хранения порохов и снятых с вооружения боеприпасов, содержащих порох. [1].

Получению новых производных нитратов целлюлозы посвящено немало работ [2–5]. Особый интерес представляют реакции получения галоидпроизводных нитратов целлюлозы. Как известно [6], введение в полимеры галогенов делает их негорючими и к тому же атомы галогенов, являясь подвижными, могут замещаться под действием различных нуклеофилов. Галоидпроизводные нитрата целлюлозы могут служить промежуточным соединением для синтеза разнообразных ее производных.

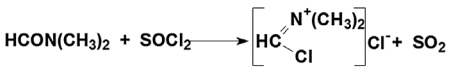
С целью получения галоидпроизводных нитратов целлюлозы были изучены реакции НЦ с тионилхлоридом, который, согласно литературным данным [7], используется как сильный хлорирующий агент.

Известна работа [8], описывающая взаимодействие нитратов целлюлозы с тионилхлоридом. В ходе работ было найдено, что нитраты целлюлозы легко реагируют с тионилхлоридом в присутствии эфирата BF_3 с замещением нитратной группы и образованием серосодержащего соединения. В общем виде схему реакции можно представить так:

$$R{-}ONO_2 + SOCl_2 \xrightarrow{BF_3O(C_2H_5)_2} R{-}O{-}SOCl + ClNO_2$$

В настоящем разделе в качестве исходного полимера, подлежащего химической модификации в работе, использовали пироксилин с эмпирической формулой $C_6H_7O_2(OH)_{0,46}(ONO_2)_{2,54}$ (содержание азота N=12,87 %).

Взаимодействие осуществлялось в гомогенной среде, в растворе диметилформамида (ДМФА), так как он хорошо растворяет нитрат целлюлозы и является наиболее активным катализатором реакции хлорирования при использовании в качестве хлорирующего агента тионилхлорида. При его взаимодействии с тионилхлоридом образуется эффективный реагент – диметилформамидиний хлорид [9]:



Реакцию проводили при температуре 50–53 °С, так как ниже данной температуры реакция не протекает, и различном времени выдержки (от 1 до 7 ч.).

В результате реакции выделены твердые продукты в виде мелкодисперсного порошка белого цвета, хорошо растворимые в ацетоне, этилацетате ДМФА.

На основании физико-химических методов анализа и экспериментально определенных значений содержания азота, водорода, углерода и хлора, были рассчитаны эмпирические формулы модификатов. Для изучения молекулярной структуры и свойств химически модифицированных продуктов применяли анализ на элементный состав, методы ИК-, ЯМР 1Н-спектроскопии, термической поляризационной микроскопии, вискозиметрический анализ. Комплекс применяемых методов свидетельствовал о частичном химическом замещении гидроксильных групп на хлор.

При взаимодействии НЦ ($C_6H_7O_2(OH)_{0,46}(ONO_2)_{2,54}$) с тионилхлоридом при температуре 50 °С в полимере происходило уменьшение количества гидроксильных групп, так как увеличивалась степень замещения на галоген. У модификата, полученного в ходе одночасовой реакции степень замещения хлора составила 0,1 ($C_6H_7O_2(OH)_{0,4}(ONO_2)_{2,5}(Cl)0,1$), при максимальной выдержке 7 часов – 0,27 ($C_6H_7O_2(OH)_{0,45}(ONO_2)_{2,30}Cl_{0,27}$). Реакция идет по гидроксильным группам, что не противоречит литературным данным [10], но все-таки незначительное отщепление нитратных групп имеет место. С течением времени количество хлора увеличилось незначительно.

Таким образом, в результате проделанной работы можно заключить, что при взаимодействии НЦ с тионилхлоридом в гомогенной среде ДМФА происходят одновременно бимолекулярное нуклеофильное замещение SN^2 в хлорсульфите (промежуточное соединение) под действием хлоридиона, отщепление нитратных групп, деструкция макромолекул нитрата целлюлозы и раскрытие цикла с образованием карбонильной функции.

Хлорпроизводные полимеры содержат около 4 % хлора в своем составе и могут выступать в качестве промежуточных соединений для синтеза разнообразных производных НЦ.

Литература

1. Слеткина Л.С., Поляков А.И., Роговин З.А. Исследование некоторых закономерностей реакции нуклеофильного замещения различных эфиров целлюлозы с солями галоидводородных кислот. – Высокомолекулярные соединения. – 1965. – Вып. 7. – № 2. – 199–204.
2. Сарыбаева Р.И., Щелохова Л.С. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы. – Фрунзе: Илим, 1985. – 164 с.
3. Мойсак М.Е. Химия и технология нитроцеллюлозы. – М.: Обронгиз, 1941. – 271 с.
4. Романова С.М., Нургатин В.В., Фридланд С.В. Исследование реакционной способности нитратов целлюлозы в реакциях с производными карбоновых кислот. – Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2003. – Т. 46, вып. 8. – С. 134–138.
5. Романова С.М., Фридланд С.В. Исследование реакции взаимодействия азотнокислых эфиров целлюлозы с ангидридами карбоновых кислот. – Вестник КТУ. – 2010. – № 7. – С. 79–86.
6. Коршак В.В. Синтез полимеров методами модификации. – Успехи химии, 1980. – Вып. 12. – С. 2286–2313.
7. Общие методы получения органических галогенидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// fptl.ru/files/ophs_bav/Galogenirovanie.pdf, свободный.
8. Спиридонова Л.И., Ланина Н.А., Горохова В.Г., Поляков А.И. Взаимодействие нитратов целлюлозы с некоторыми кислородосодержащими производными серы. – Журнал органической химии – 1974. – Т. 10. – № 2. – С. 131–135.
9. Эндоэдральные фуллерены. Галогенирование алканов [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://otherreferats.allbest.ru/chemistry/00150957_1.html, свободный.
10. Курц А.Л. Одно- и двухатомные спирты, простые эфиры и их сернистые аналоги. Методическая разработка для студентов кафедры «Органическая химия». – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1999. – 65 с.

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В НЕКОТОРЫХ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ТЕРМИНАХ

Кирсанов В.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ENVIRONMENTAL ISSUES IN SOME COMMON TERMS

Kirsanov V.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Представлена информация о наиболее распространенных терминах в области защиты окружающей среды, раскрыт смысл терминов с точки зрения автора о воздействии на окружающую природную среду и человека. В последнее время все чаще в средствах массовой информации и в научно-технической литературе стали появляться определения и терминология, мало имеющие отношение к реально осуществляемой деятельности в области охраны окружающей среды.

Annotation

Provides information on the most common terms in the field of environmental protection, to uncover the meaning of terms from the point of view of the author on the impact on the environment and chelovekaV recent times in the media and in the scientific literature began to appear defi-nitions and terminology, few have relation to actual activities carried out in designated areas for the protection of the environment.

О «безотходной» или «экологически чистой технологии (продукции)»

В торговых брендах, в СМИ и даже в публикациях все чаще стало появляться определения (термины) «безотходная», «экологически чистая технология (продукция)».

Происходит массовая дезориентация населения, причины которой для товаропроизводителей, пытающихся с помощью рекламы извлечь максимум прибыли, вполне понятны. Для доказательства сомнительности вышеуказанной терминологии можно привести известное всем второе начало термодинамики, опровергающее возможность создания вечного двигателя 2-го рода (работающей без потерь системы, технологического процесса и т.д.) по причине того, что часть подводимой к двигателю (системе, процессу) теплоты неизбежно рассеивается в окружающую среду (КПД всегда меньше 1). Потерянная теплота, преобразованная из механической, электрической, ядерной, химической, солнечной и ветровой энергии, изменяет естественный тепловой баланс окружающей среды, являясь по существу загрязняющим физико-химическим фактором [2].

Кроме того, для изготовления любого технического устройства, производящего «экологически чистый продукт», требуется металл, смазочные масла и другие материалы, на получение которых израсходованы природные ископаемые ресурсы, тепло-, электроэнергия, также полученная из изъятых из природы источников и нанесения ей безвозвратных потерь. Известно, что именно при добыче сырья происходит наибольшая деградация природы, поэтому добывающие отрасли, стройиндустрия, теплоэнергетическая отрасль, как показали исследования ведущих специалистов мира, опережают по уровню деградации природы и величине отходов химическую отрасль в несколько раз.

Терминология, связанная с защитой окружающей среды, как и сама природа, должна быть взвешенной и деликатной, ибо необъективное трактование является не просто заблуждением, но и вредоносным, так как не позволяет комплексно решать экологические проблемы по всей технологической цепочке от добычи сырья до рециклинга всех видов технологических отходов. В принятой в 1990 г. в странах ЕС Стратегии обращения с отходами изложены

основные принципы системы управления отходами на перспективу, к которым относятся следующие: минимизация образования отходов; снижение опасности для окружающей среды отходов и их компонентов; совершенствование инженерных способов утилизации отходов.

Авторы не применили в данной Стратегии терминов «безотходная технология» или «экологически чистая продукция», заменив их терминами «минимизация», «снижение опасности», «совершенствование», прекрасно сознавая невозможность, даже в перспективе, достижения «безотходности», «экологической чистоты».

О сжигании отходов

При термической деструкции бытовых и производственных отходов всегда возникает более сложно решаемая (по сравнению с самим процессом сжигания) в технологическом и техническом (аппаратурном оформлении) проблема утилизации вторично образуемых следующих отходов: – сточные воды образуются: при очистке газов; при выгрузке шлака из шлаковой ванны после шлаковыталкивателя (влажность составляет 20–22 %); при воздействии атмосферных осадков на открытые приемники отходов, золо,- шлакоотвалы. Сточные воды содержат тяжелые металлы, высокотоксичные, канцерогенные и мутагенные соединения; – твердые отходы в виде шлака и летучей золы (количество зависит от исходного состава, схемы очистки отходящих газов, оборудования и режима сжигания; количество летучей золы достигает 3,6 % объема отходов), в состав которых входят тяжелые металлы и их оксиды, диоксины и фураны. Исследованиями установлено: 78 % кадмия, 43 % свинца, 38 % цинка, поступивших с отходами на сжигание, адсорбируется на частицах золы; содержание диоксинов в летучей золе достигает 10–20 мкг/кг; – газообразные выбросы, в состав которых входят диоксины и фураны, обладающие высокой токсичностью, стойкостью и способностью накапливаться в организме человека. Диоксиноподобные соединения еще недостаточно изучены, и число их возможных изомеров превышает одну тысячу. ПДК в атмосферном воздухе в РФ составляет 0,5·10-12 мкг/м^3, в США – 0,02·10-12 мкг/м^3. В РФ только 6 лабораторий имеют сертификаты, соответствующие международному стандарту на проведение анализов по диоксинам и фуранам (стоимость одного анализа составляет около 1000 долларов США, время его проведения – не менее 10 час. что исключает мониторинг выбросов после сжигания даже для крупных столичных мусоросжигательных заводов).

Диоксины, фураны образуются при сжигании галогеносодержащих соединений, которые всегда в той или иной концентрации присутствуют как в коммунальных, так и в промышленных твердых отходах, например в бумаге (для отбеливания применяется хлор), в упаковке (пленка, бутылки, контейнеры), в бытовой технике, специальных охлаждающих жидкостях и т.д. (Немецкие специалисты называют мусоросжигательные установки «помойками на небе».)

В США действуют требования к эксплуатации МСЗ: температура в печи 1200 °С; время пребывания в печи – 2 с; избыточное содержание кислорода – 3 %; высокая турбулентность (число Рейнольдса Re>50000); деструкция диоксинов и фуранов – 99,9999 %. Но в промышленных установках выполнение данных параметров практически невозможно по разным технологическим причинам, одной из которых является обратно пропорциональная зависимость между временем пребывания и турбулентностью. Кроме указанных параметров, для предотвращения выделения диоксинов и фуранов должна быть безукоризненно обеспечена предварительная сортировка отходов и непрерывная их подача в печь. В РФ на всех существующих мусоросжигательных заводах необходимые условия предотвращения выброса диоксинов и фуранов не задаются проектом на стадии проектирования (не предусмотрены нормативными требованиями) и, соответственно, при эксплуатации. Даже на самом современном МСЗ № 3 в Москве применяется технология деструкции диоксинов не в печи (т.к. температура сжигания не более 1000 °С), а «у конца трубы», т.е. многоступенчатая очистка газовых выбросов абсорбцией активированным углем, известковым раствором, бикарбонатом натрия, аммиачной водой, на рукавных фильтрах [1].

Но главный и основной недостаток данной технологии в том, что диоксины, фураны не уничтожаются, а лишь перераспределяются между выбросами в атмосферный воздух, сбросами в воду и твердыми отходами – золой и шлаком, на поверхности которых, как на твердой матрице в присутствии металлических катализаторов образуются диоксины и фураны. В индустриально развитых странах Запада интенсивно исследуются методы снижения образования диоксинов, фуранов не только при сжигании отходов, но и в сталелитейном, цементном производствах (на долю которых, например, в США приходится около 35 % выбросов указанных супертоксикантов).

До разработки высокоэффективной технологии и аппаратов, позволяющих с безопасностью для биоты утилизировать твердые отходы, в настоящее время раздельный сбор и сортировка на всех стадиях образования является наиболее оптимальным способом решения вопроса.

Полигоны

Полигон – техническое сооружение, минимизирующее воздействие токсикантов на человека и природную среду, для сбора, сортировки, размещения, хранения отходов производства и потребления, последующего сбора и утилизации образующихся при хранении отходов и деструкции загрязняющих веществ фильтрата, полигонного газа, остаточной смеси.

Полигон можно назвать «неподвижным реактором», в котором загрязняющие вещества (прежде всего их органическая составляющая) в аэробных и анаэробных условиях в водной среде атмосферных осадков биохимически изменяются и переходят в растворенную часть (фильтрат) и полигонный газ. Содержание высокотоксичных компонентов в фильтрате и полигонном газе, как показали данные исследований, превышают в десятки и сотни раз ПДК. Хотя и понятно, что данные химического анализа по отдельным показателям являются всего лишь «маркерами» химического загрязнения и до сих пор в стране не решена проблема обоснованного выбора информативных экологических показателей для оценки влияния полигонов на окружающую среду. Полигоны должны обеспечивать охрану окружающей среды по следующим показателям вредности: органолептическому, общесанитарному, фитоаккумуляционному, миграционно-водному, миграционно-воздушному, санитарно-токсилогическому.

Из кратких приведенных требований к полигону видно, что полигонов, в полной мере отвечающих вышеуказанным требованиям, в стране практически нет и под благозвучным названием «полигон» маскируется обычная санкционированная свалка. (В качестве примера можно привести свалки в районе Самосырово или в районе Бобыльского оврага с северо-восточной стороны ОАО «Казаньоргсинтез», куда свозятся из Казани отходы неизвестного класса опасности и сваливаются в овраг, дно которого не экранировано и имеет выход в р. Казанку и далее в Волгу.) Но почему-то упорно продолжают обычные свалки называть полигонами.

Нанотехнологии – (нано – от греч. nanos – карлик) приставка для образования наименований дольных единиц, по размеру равных одной миллиардной доле исходной единицы. 1 нм (например) = 10^{-9} м; размер атома – 10^{-8} см или 0,1 нм. В последнее время приставка «нано-» стала своего рода данью моде, стала употребляться часто и повсюду. Создаются всевозможные центры, институты и различные бюджетные организации по нанотехнологиям, средства пропаганды преподносят населению радужные перспективы процветания страны с помощью нанотехнологий как единственной альтернативы. Исследования биологов и биохимиков Канады, Японии, США показали крайне высокую опасность взаимодействия наночастиц с живыми организмами, которая прежде всего влияет на продолжение рода. Опасность наночастиц усугубляется не только их поверхностной активностью, но и чрезвычайно высокой проникающей способностью частиц сквозь кожу или искусственные фильтрующие элементы, в том числе и плотную спецодежду, вызывая заболевания внутренних органов человека и животных.

Формально в РФ разработаны отдельные нормативно-технические документы для оценки уровня безопасности нанопродуктов и даже есть отдельные аккредитованные лаборатории и организации, уполномоченные следить за производством и распространением нанопродуктов. Но реальный механизм этого контроля не прописан, а поэтому пока что не действует.

Для аналогии можно привести пример с ядерной энергией. В 1911 г. Резерфордом было открыто атомное ядро, в 1932 г. была предложена протонно-нейтронная модель ядра, научно доказавшая существование в атомном ядре принципиально нового типа связи с сильным взаимодействием. Разрушение ядра сопровождается высвобождением ядерной энергии, которая стала впоследствии использоваться в созидательных и разрушительных целях. Ядерный экстаз продолжался и был отрезвлен (но не остановлен!) только Хиросимой, Чернобылем, Фукусимой. Сегодня мы видим повальное увлечение нанотехнологиями и наноматериалами. Вокруг наночастиц формируется особая «экосреда», благодаря которой материалы становятся суперактивными. Суперактивность наночастиц (известна более 50 лет) может быть созидательной, т. к. создаются новые материалы с уникальными свойствами, или разрушительной, что обусловливается высочайшей токсичностью наночастиц, особенно в соединениях с тяжелыми металлами и металлоидами.

Примеры канцерогенной токсичности наночастиц: ингаляция тонких волокон хризотилового асбеста (диаметр волокон на уровне размера наночастиц – около 26 нм) вызывает рак легких и плевры. Благодаря мельчайшим размерам, волокна асбеста обладают высочайшей проникающей способностью и диффузией на большие расстояния. Например, волокна хризотилового асбеста найдены даже во льдах Гренландии. Патолого-анатомические исследования, проведенные в 50 городах США, установили, что практически у всех жителей в легких присутствуют волокна асбеста. Поэтому во многих странах введены жесткие предельно допустимые концентрации асбестовой пыли и запрещено производство некоторых видов асбестоцементных изделий. Другим примером токсичности частиц на уровне наноразмеров являются частицы диоксида титана при порошковом окрашивании, частицы оксидов кремния в металлургии и литейном производстве.

«Парниковый» эффект

Помимо солнечного излучения главным фактором, определяющим климат Земли, является давление земной атмосферы. Чем плотнее атмосфера (чем выше ее давление), тем те-плее климат. Теплообмен в плотной атмосфере, прилегающей к земле (тропосфере, H = 10–12 км), осуществляется в основном благодаря конвективному перемешиванию (конвекции) воздушных слоев (масс). Конвекцией тепло переносится из тропосферы к нижнему основанию («подошве») стратосферы, в стратосфере и далее тепло переносится за счет радиации. Т. е. распределение температуры T в тропосфере с давлением p можно описать с помощью адиабатического закона: $T = C\,p^{\alpha}$ (1), где α – показатель адиабаты, зависящий от теплоемкости газовой смеси (воздуха) тропосферы; C – поправочный коэффициент, учитывающий испарение влаги, конденсацию влаги в тропосфере (облачность); от интенсивности испарения и конденсации зависит альбедо Земли (альбедо – коэффициент диффузионного отражения Земли, или отношение отраженного (рассеянного в атмосфере) потока теплового излучения к падающему от Солнца излучению). В соответствии с зависимостью (1) с увеличением концентрации CO_2 в атмосфере, температура будет не повышаться (как это принято декларировать), а понижаться, так как, во-первых, α для CO_2 = 0,1428, а для азотно-кислородной атмосферы α= 0,1905; во-вторых, молярная масса: CO_2 = 44; N_2+O_2 = 28,29.

Насыщение земной тропосферы углекислым газом вызовет похолодание на планете, что обусловлено более низкой теплоемкостью по сравнению с теплоемкостью азотно-кислородной смеси. Как известно, Мировой океан является основным резервуаром свободного CO_2, количество которого в 60–90 раз превышает содержание в атмосфере. При повышении температуры на планете (характерно для данного периода) растворимость CO_2 понижается и увеличивается концентрация газа в атмосфере, что в свою очередь вызывает постепенное понижение температуры. Таким образом, не увеличение концентрации CO_2 является причиной повышения температуры на Земле, а наоборот. Современное потепление имеет в основном природное происхождение, а не техногенное, и в дальнейшем наступит фаза похолодания, как это было (доказано специалистами-исследователями) неоднократно с периодичностью в 100–120 тыс. лет. Основными причинами изменения климата являются колебания инсоляции (облучение

солнечной радиацией) Земли за счет разных биохимических (связывание атмосферного азота азоторедуцирующими бактериями и перевод его в осадки), физических факторов и главного фактора – изменения угла вращения (угла прецессии – принцип вращения волчка вокруг вертикальной оси и конусообразное отклонение оси вращения от вертикальной оси: с уменьшением скорости вращения угол отклонения возрастает). Известно, что повышение концентрации CO_2 в атмосфере увеличивает скорость созревания и продуктивность сельского хозяйства, лесов, повышает засухоустойчивость злаковых.

Можно сделать вывод, что Киотский протокол не способствовал решению экологических проблем на Земле, дезориентировал общественное мнение в научно неверном направлении. Можно с большой долей уверенности говорить об отвлечении значительных денежных средств, которые можно было бы направить на актуальные нужды экологии. Кроме того, просматривается попытка экономического сдерживания развивающихся стран.

Литература

1. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04 186-89. – М. 1991. – 693 с.
2. Кирсанов В.В. Основы промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов: Монография. Казань: Изд-во Казан. гос.техн. ун-та, 2011. 480 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОУГЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Валеева А.А., Григорьян Б.Р.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань
Bayan M.R.,
Университет Линкольна в Миссури,
г. Джефферсон-Сити (США)

STUDY BIOCHAR TO IMPROVE THE SORPTION PROPERTIES OF SOILS

Valeeva A.A., Grigoryan B.R.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan,
Bayan M.R.,
Lincoln University in Missouri, Jefferson City

Аннотация

В работе изучена кинетика адсорбции метиленового синего (МС) из водного раствора образцами биоугля, полученными путем пиролиза проса прутьевидного (Panicum virgatum). Адсорбция МС была определена спектрофотометрическим методом при различных значениях pH, температуры и концентрации нМС. Полученные результаты показали, что температура термообработки в процессе производства биоугля существенно влияет на химию их поверхности, указывая, что образцы биоугля могут вести себя по-разному в ризосфере и способны адсорбировать загрязнители. Результаты показывают, что биоугли могут быть получены с определенными свойствами для решения конкретных сельскохозяйственных и экологических потребностей.

Annotation

The present work involves a study of sorption of methylene blue (MB) by charcoal samples produced through torrefaction and pyrolysis processes from switchgrass (Panicum virgatum). The adsorption of MB was determined using the spectrometric analysis method at various pH, temperature values and MB concentrations. The heat treatment temperature during biochar production significantly influenced the surface chemistry of biochars indicating that biochar samples, based on their thermal history alone, can behave significantly differently in the rhizosphere or in their ability to adsorb pollutants. The results indicate that biochars can be produced with desired properties to solve specific agricultural or environmental needs.

Введение

В литературе имеются многочисленные данные о способности биоугля сорбировать различные ионы из почвенного раствора путем комплексообразования, а также за счет электростатических и капиллярных сил на поверхности и в порах биоугля [1]. Растительность, условия производства, такие как температура обработки, скорость нагрева и время пребывания биомассы в пиролизной установке, влияют на физико-химические свойства биоугля [2, 3]. Таким образом, сорбционные свойства биоугля могут быть использованы для адсорбции тяжелых металлов, пестицидов, органических загрязнителей, углеводородов и уменьшить потери питательных веществ из почв [4–7].

Объекты и методы

В работе были исследованы два образца биоугля, полученные путем медленного пиролиза проса (Panicum virgatum) в температурном диапазоне 200–235 °С и 490–590 °С. Изображения микроструктуры биоугля были получены с использованием электронного микроскопа Hitachi TM-1000. Для определения адсорбционных свойств биоугля был использован МС [8], который является катионным органическим красителем. Для определения влияния температуры и pH на адсорбцию биоуглем красителя эксперимент проводили в интервалах pH от 3 до 11 и значений температуры 30, 40, 50, 60 и 70 °С.

Результаты

Морфология поверхности образцов биоугля, полученных в температурном диапазоне 200–235 °C и 490–590 °C, показана на рисунке 1. Данные рисунка показывают, что образец биоугля состоит из микроструктурных частиц с размерностью до 20 микрон и сохраняет биологически сложную микроструктуру растений, повторяя строение его естественных каналов.

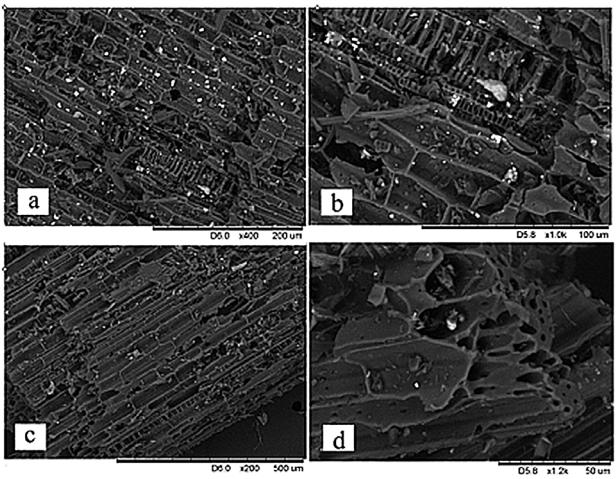


Рис. 1. Микроструктура биоугля проса, полученного при температуре пиролиза 200–235 °C (a, b) и 490–590 °C (c, d)

Для статистической обработки результатов лабораторного эксперимента был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 1). Первый фактор (А) – температура и второй фактор (В) – значение pH. Концентрация МС была постоянной и составила 250 мг/л. Так как P-значения меньше 0,05, фактор А и Б статистически значимо влияют на адсорбцию МС биоуглями в при вероятности 95,0 % и выше.

Таблица 1.

Результаты дисперсионного анализа

	Сумма квадратов	Ст. свободы	Средний квадрат	F-ф	P-значение
Для биоугля, полученного при температуре пиролиза 200–235 °C					
Фактор 1 (А) Фактор 2 (В) Остаток (ошибки) Всего (исправлено)	127.997 1408.82 36.2203 1503.39	4 3 46 53	31.9993 469.6060 0.7874	40.64 596.40	0.0000 0.0000
Для биоугля, полученного при температуре пиролиза 490–590 °C					
Фактор 1 (А) Фактор 2 (В) Взаимодействие	49.395 271.943 51.049	4 3 12	12.3488 90.6476 4.2541	236.72 1737.65 81.55	0.0000 0.0000 0.0000
(АВ) Остаток (ошибки) Всего (исправлено)	2.087 374.473	40 59	0.0522		

Результаты анализа наименьшей значимой разности по критерию Фишера показывают, что для фактора А наблюдаются 3-4 однородные группы, для фактора В – 4 однородные группы, которые были идентифицированы с использованием колонки X's (таблица 2).

Таблица 2.

Результаты анализа наименьшей значимой разности Фишера

Фактор	Количество	LS mean	LS sigma	Однородные группы
Для биоугля, полученного при температуре пиролиза 200–235 °C				
30 °C	12	8.15	0.256	X
40 °C	12	9.29	0.256	X
50 °C	12	10.76	0.256	X
60 °C	9	11.09	0.308	X
70 мС	9	12.89	0.308	X
pH = 2.8	15	3.74	0.229	X
pH = 5.5	15	7.39	0.229	X
pH = 7.3	15	10.98	0.229	X
pH = 11.0	9	19.64	0.315	X
Для биоугля, полученного при температуре пиролиза 490–590 °C				
30 °C	12	5.36	0.066	X
40 °C	12	5.51	0.066	X
50 °C	12	5.90	0.066	X
60 °C	12	6.55	0.066	X
70 °C	12	7.85	0.066	X
pH = 2.8	15	4.24	0.059	X
pH = 4.4	15	4.55	0.059	X
pH = 9.8	15	6.57	0.059	X
pH = 10.9	15	9.58	0.059	X

Таким образом, поглощение красителя образцами биоугля, которые были получены при температуре пиролиза 490–590 °C, достоверно возрастает с повышением pH среды и с повышением температуры выше 50 °C. Для образца биоугля низкотемпературного пиролиза (200–235 °C) поглощение МС достоверно увеличивается при повышении температуры на каждые 20 °C. По этой причине данные сгруппированы в три однородные группы. Зависимость сорбции МС от pH среды дают 4 однородные группы, достоверно отличающиеся друг от друга.

Литература

1. Moreno-Castilla C. (2004). Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. Carbon; 42: 83–94.
2. Amonette, J.E., and Joseph, S. (2009). Characteristics of Biochar: Microchemical Properties, in: J. Lehmann and S. Joseph (eds.). Biochar for Environmental Management. Earthscan. London: 33–53.
3. Lehmann, J., Joseph, S. (2009). Biochar for Environmental Management. Earthscan. London. 416p.
4. Cao, X.D., Ma, L.N., Gao, B., Harris, W. (2009). Dairy-Manure Derived Biochar Effectively Sorbs Lead and Atrazine. Environmental Science & Technology; 43(9): 3285-3291.
5. Lehmann, J., da Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B. Nutrient. (2003). Availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil; 249: 343–357.
6. Mohan, D., Pittman, C.U., Jr., Bricka, M., Smith, F., Yancey, B., Mohammad, J., Steele, P.H., Alexandre-Franco, M.F., Gomez-Serrano, V., Gong, H. (2007). Sorption of arsenic, cadmium, and lead by chars produced from fast pyrolysis of wood and bark during bio-oil production. Journal of Colloid and Interface Science; 310(1): 57–73.
7. Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W., Niandou, M.A.S. (2009). Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. Soil Science; 174: 105–112
8. ГОСТ 4453-74 Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия. 23 с.

МЕТАНТЕНК КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА

Чудакова О.Г.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

METANTENK AS ALTERNATIVE DEVICE FOR RECEIVING FUEL

Chudakova O.G.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В работе рассмотрен процесс получения нового вида топлива – биометана. Приводится ретросинтетический анализ получения метана с помощью метаногенеза. Предложена новая конструкция термофильных метантенков, основываясь на литературном обзоре патентных данных. Представлен расчет метантенков для утилизации осадков пищевых производств.

Annotation

In work are considered process of receiving a new type of fuel – biomethane. To be provided the retrosynthetic analysis of receiving methane by means of a metanogenez. The new design of thermophilic metantenok, based on the literary review of patent data is offered. Calculation of metantenok for utilization of rainfall of food productions is presented.

Все большей и большей популярностью пользуются альтернативные виды топлив, одним из которых является биометан, имеющий в своем составе до 87 % чистого метана [1]. Биометан, или иногда встречается его другое название «биогаз», образуется в результате безкислородного сбраживания – в анаэробных условиях. Необходимо отметить, что наряду с метаном образуются и другие газы такие как оксид углерода (II), оксид углерода (IV), сероводород, небольшие примеси водорода, азота и аммиака [2].

Ретросинтетический анализ четко показывает, как исходя от желаемого энергоресурса метана можно провести генетические связи для исходных веществ его получения (рис. 1) [3, 4]. Как видно из ретросинтетического анализа, через все стадии синтеза пройдя приходим к органическим веществам или органическим остаткам, таким как протеины, белки, углеводы, липиды.

Химизм превращения органических соединений в биометан протекает через несколько стадий в реакторе анаэробного типа метантенке в определенных условиях, несоблюдение условий приводит к нарушению всего процесса. Разработка аппаратов для очистных сооружений должна быть направлена на преобладающие вещества в сточных водах [5]. В зависимости от состава сточных вод и преобладающих в них органических остатков меняется процентный состав биометана в реакторе [6, 7].

Литературный обзор [8, 9] показал, что промышленные метантенки имеют недостаток в том, что осадок около стенок в верхней и нижней их части недостаточно от общей массы подвергается деструкции. В настоящее время активно ведется обсуждение внедрения в конструкцию метантенков мешалок. Нами предложена съемная крышка с размещением внутри корпуса мешалок (рис. 2). Конструкция разработана с учетом тяжелого органического остатка после пищевых производств. Дополнительно предусмотрено устройство для обезвоживания осадка от пищевых производства перед поступлением его в метантенк. Модернизация конструкции метантенка подразумевает кроме внедрения мешалки оставить рециркуляцию для увеличения скорости процесса деструкции [10].

Для расчета метантенка очистных сооружений необходимо знать количество органического остатка и приблизительный его состав для выбора режима аппапата (термофильный или мезофильный).

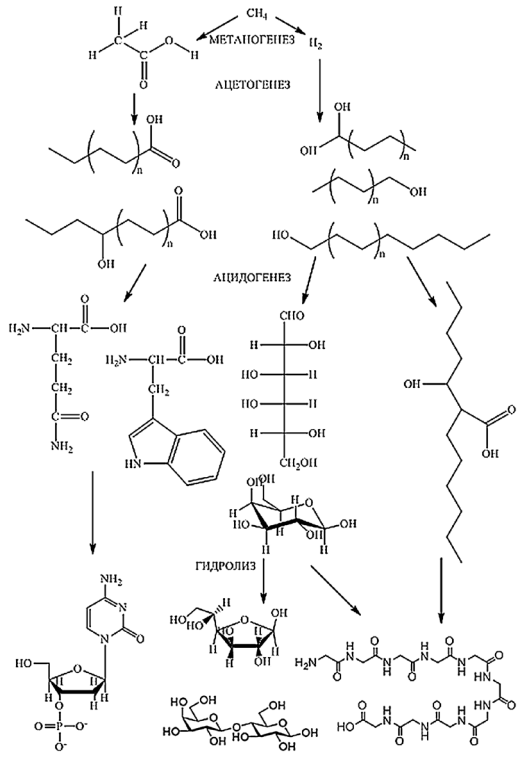


Рис. 1. Ретросинтетический анализ получения биометана

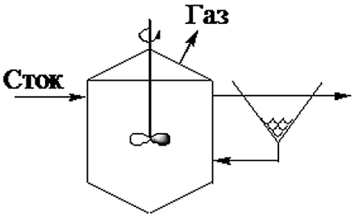


Рис. 2. Схема работы метантенка

Исходные данные для расчета параметров метантенка:

- Производительность очистной станции qa = 58 м^3/сут.
- Концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на первичные отстойники, С= 12,46 гр/л.
- Режим сбраживания: термофильный.

Основные параметры процесса имеют следующие данные:

Пределы распада осадка r_0=53%, пределы распада ила $r_{ип}$ =44%.

$$r_{см} = \frac{(r_0 \times O_{без} + r_{ил} \times И_{без})}{M_{без}} = \frac{(53 \times 0.003 + 44 \times 0.204)}{0.207} = 44(\%)$$

Выход газа загруженного беззольного веществ (м^3/кг):

Г=(r-n*F)/100=(44*0,56*9,1)/100=0,39 (м^3/кг)

Суммарный выход газа ($м^3$/кг):

Гобщ = Г*Мбез*1000= 0,39*0,207*1000=80,73 ($м^3$/кг)

Таким образом, показано, что на очистных сооружениях необходим метантенк, полученный биометан можно использовать в качестве топлива, и, соответственно, ликвидируется загрязнение атмосферы и исключается влияние биогаза на парниковый эффект.

Литература

1. Вандышева М.С. Биогаз – альтернативный источник энергии. [Электронный ресурс]; URL: http://vestnik. ngiei.ru/wp-content/uploads/2015/01/Вандышева-М.-С..pdf (дата обращения: 19.02.2015).
2. Гоголь Э.В., Мингазетдинов И.Х., Гумерова Г.И., Егорова О.С., Мальцева С.А., Григорьева И.Г., Тунакова Ю.А. Анализ существующих способов утилизации и переработки отходов полимеров// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 10. – С. 163–168.
3. Мамедов В.А., Калинин А.А., Губайдуллин А.Т., Исайкина О.Г., Литвинов И.А. Синтез и функционализация 3-этил-хиноксалин-2-она// Журнал органической химии. – 2005. – Т. 41. – № 4. – С. 609–616.
4. Corey E.J., Xue-Min Chang. The Logic in Chemical Synthesis. – N.Y.: Wiley, 1989, 436.
5. Найман С.М., Тунакова Ю.А. Экологические и экономические аспекты применения биогазовых технологий для переработки органических отходов// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 17. – С. 191–196.
6. Дресвянников А.Ф., Желовицкая А.В. Очистка сточных вод от ароматических соединений непрямым окислением в коаксиальном бездиафрагменном электрохимическом реакторе// Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 23. – С. 74–77.
7. Найман С.М., Найман М.О., Тунакова Ю.А. Возможность применения биогазовых технологий для переработки органических отходов в Татарстане. Биоэнергетика// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 14. – С. 154–156.
8. Чудакова О.Г., Гаязова З.И. Эксплуатация метантенков в утилизации остатков от пивоваренных компаний// В сб. докладов. Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности Международной научно-практической конференции. Том I. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 464–466.
9. Кирсанов В.В., Чудакова О.Г. Эффективность производственных технологий по деструкции ингредиентов сточных вод регулированием возраста активного ила// В сб. докладов. Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности Международной научно-практической конференции. Том III. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 602–604.
10. Найман С.М., Тунакова Ю.А. Возможность применения биогазовых технологий для переработки органических отходов в Татарстане. Производство биогаза и энергии. – Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 19. – С. 227–234.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СУЛЬФАТАМИ

Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Шулаев М.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань,

THE INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES TO THE PROCESS WASTEWATER POLLUTED BY SULFATES

Khabibrahmanova A.I., Ugina N.A., Khabibrahmanov V.Z., Shulaev M.V.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

В данной работе было проведено исследование процессов интенсификации анаэробной биологической очистки модельной сточной воды, загрязненной сульфатами, с помощью биостимуляторов нового поколения. Исследовано влияние гуминового препарата и синтетического препарата мелафен на биоценоз анаэробного ила. Выявлена способность гуминового препарата и мелафена оказывать различное воздействие на рост микроорганизмов анаэробного ила в зависимости от концентрации и стадии роста, а также подобраны оптимальные концентрации гуминового препарата 10^{-1} г/дм^3, мелафена – 10^{-6} мг/дм^3, которые способствуют более интенсивному росту микроорганизмов. Определение сульфатов осуществлялось титриметрическим методом в присутствии дитизона в качестве индикатора. Показано, что наиболее эффективно для очистки модельной сточной воды от сульфатов применение гуминового препарата в концентрации 10^{-1} г/дм^3.

Annotation

The objective of the article was to research the processes of the intensification of the anaerobic biological treatment of model wastewater containing sulfates that was achieved with the help of a new generation of stimulants. It was investigated the effect of the humic preparation and the synthetic compound – melaphen on biocenosis anaerobic sludge. It was discovered the possibility of the humic preparation and the melaphen to effect differently on the growth of microorganisms of the anaerobic sludge. It was depend on the concentration and the stage of its growth. The optimal concentration of the humic preparation 10^{-1} g/dm3 and the melaphen - 10^{-6} mg/dm^3 was selected. These compounds contributed a more intensive growth of the microorganisms. The determination of sulfates was carried out by the titrimetrical method with the dithizone indicator. The results showed that the using of the humic preparation 10^{-1} g/dm^3 was the most effective for the treatment of waste water contaminated sulfate.

Защита водоемов от загрязнения в значительной степени определяется эффективностью систем биологической очистки. В настоящее время биологические методы очистки сточных вод являются наиболее универсальными и широко применяются при обработке стоков, содержащих органические примеси различного происхождения.

В последние годы биологическая обработка сточных вод в анаэробных условиях приобретает все большую популярность. Интерес к анаэробной очистке сточных вод стимулирует и все возрастающая стоимость обработки промышленных сточных вод и дефицит энергии.

Однако, несмотря на высокую эффективность применения анаэробного метода очистки, по-прежнему активно ведутся поиски способов интенсификации классических методов биологической очистки, в том числе и с помощью добавления биологически активных веществ (БАВ) в сточные воды при очистке.

Целью данной работы являлось исследование процессов интенсификации биологической очистки сточных вод, загрязненных ионами сульфатов, в анаэробных условиях с помощью биостимуляторов нового поколения.

Гуминовый препарат – комплексное гуминовое удобрение. Гуминовые соединения, являясь физиологически активными веществами, регулируют и интенсифицируют обменные процессы в растениях и почве. Препарат представляет собой пастообразное вещество темно-коричневого цвета, малотоксичен, IV класс опасности. Все это делает гуминовые соединения потенциальными стимуляторами биологической очистки сточных вод [1, 2].

Мелафен представляет собой меламиновую соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты. Мелафен известен в качестве высокоэффективного синтетического регулятора роста и развития растений, находит применение в сельском хозяйстве и растениеводстве [3, 4].

Сульфаты – соли серной кислоты. Они имеют светлую окраску, небольшую твёрдость, многие из них растворимы в воде. Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком. В больших количествах сульфаты содержатся в шахтных водах и в промышленных стоках производств, в которых используется серная кислота, например, окисление пирита. Сульфаты выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека: они обладают слабительными свойствами. ПДКв сульфатов составляет 500 мг/дм^3, ПДКвр сульфатов – 100 мг/дм^3. Для эксперимента использовалась концентрация сульфатов 750 мг/дм^3.

Для определения содержания сульфатов в воде использовался титриметрический метод в присутствии дитизона в качестве индикатора.

Титрование проводят в слабокислой среде (pH = 3,5–4,5) в присутствии двукратного по объему количества ацетона или этилового спирта, прибавляемого для снижения растворимости образующегося при титровании сульфата свинца. Индикатором конца титрования служит дитизон, который образует с избытком ионов свинца окрашенное в красно-фиолетовый цвет комплексное соединение [5].

В качестве объектов исследований была выбрана смешанная популяция микроорганизмов, входящих в состав анаэробного ила, полученного на основе активного ила городских очистных сооружений, сброженного в течение 4 недель при температуре 38 °С. Активный ил для экспериментов отбирался из регенератора секции биологической очистки сточных вод МУП «Водоканал».

После сбраживания ил приобретал черную окраску, характерный запах разложившихся органических веществ, и было обнаружено бурное выделение биогаза, в состав которого входил сероводород. Иловый индекс составлял 91,6 см^3/г, доза ила – 6 г/дм^3.

При приготовлении модельной сточной воды в качестве источника углерода использовали глюкозу ($C_6H_{12}O_6$), азота – натрий азотнокислый ($NaNO_3$), фосфора – калий фосфорнокислый однозамещенный (KH_2PO_4) в соотношении C:N:P = 100:5:1.

Исследование кинетики проводилось в пробирках, где создавались анаэробные условия. Отбирались пробы очищенной воды в смеси с иловой суспензией через определенные промежутки времени, затем анаэробный ил отделялся фильтрованием и анализировалось содержание ионов сульфатов в очищенной воде.

В данном эксперименте в опытных образцах проводился процесс очистки стоков, загрязненных сульфатами, в присутствии гуминового препарата в концентрации 10^{-1} г/дм^3, мелафена в концентрации 10^{-6} мг/дм^3, их сочетания в тех же концентрациях, а в контрольной пробе – традиционная биологическая очистка. Выбор такой концентрации обусловлен серией экспериментов, проведенных ранее [6, 7].

Время эксперимента составляло 24 часа. Концентрация сульфатов исходной сточной воды в ходе эксперимента составляла 74 мг/дм^3, pH – 7,2, температура – 24 °С. Данные эксперимента представлены на рисунке 1.

Данные эксперимента показали, что применение препарата мелафен не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой.

Результаты эксперимента показали, что использование гуминового препарата в концентрации 10^{-1} г/дм^3 оказывает значительное влияние на степень очистки по сравнению с

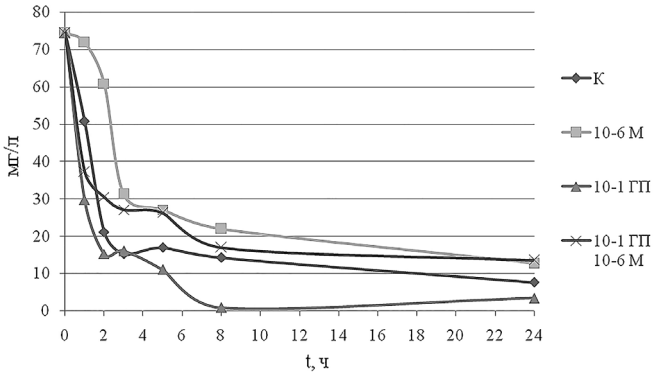


Рис. 1. Кинетика изменения концентрации сульфатов при внесении гуминового препарата концентрацией 10^{-1} г/дм^3 (10^{-1} ГП), мелафена в концентрации 10^{-6} (10^{-6} М) мг/дм^3, смеси мелафена и гуминового препарата в концентрациях 10^{-6} 10^{-1} г/дм^3 и контроль (К)

традиционной биологической очисткой: за 2 часа эксперимента значение концентрации сульфатов с 74 мг/дм^3 снизилось до 30 мг/дм^3, в то время как при традиционной биологической очистке значение сульфатов к этому времени составило 50 мг/дм^3, т. е. к 2 часу эксперимента опытный образец обеспечивал на 20 % более глубокую очистку, чем контрольный. В конце эксперимента опытный образец обеспечивал очистку сточной воды более чем на 95 %.

Применение гуминового препарата в концентрации 10^{-1} г/дм^3 в сочетании с мелафеном в концентрации 10^{-6} мг/дм^3 не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой.

Полученные данные свидетельствуют, что применение гуминового препарата в концентрации 10^{-1} г/дм^3 наиболее эффективно для очистки сточной воды от сульфатов.

Литература

1. Горовая А.И. Гуминовые вещества. – Киев: Наук. думка; 1995. – 304 с.
2. Гуминовые вещества в биосфере / [под ред. Д.С. Орлова]. – М.: Наука; 1993. – 238 с.
3. Пат. 2009149504 РФ. Способ интенсификации биологической очистки сточных вод / Шулаев М.В., Хабибуллина Л.И., Фаттахов С.Г. и др.// БИ. – 2009. – № 2009149504.
4. Пат. 2158735 РФ. Меламиновая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты(мелафен) в качестве регулятора роста и развития растений и способ ее получения / Фаттахов С.Г., Лосева Н.Л., Резник В.С. и др.// Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН; Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН. – 2000.– № 99115552/04.
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод – М.: Химия; 1984. – 448 с.
6. Хисамова А.И., Югина Н.А., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. Анализ влияния гуминового препарата на рост микроорганизмов активного ила с целью интенсификации и оптимизации биологической очистки сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15 – № 20. – С. 183–185.
7. Хисамова А.И., Югина Н.А., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. Анализ влияния биологически активных веществ на рост анаэробных микроорганизмов активного ила // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16 – № 10. – С. 201 – 203.
8. Хисамова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. Исследование влияния гуминового препарата и препарата мелафен на рост микроорганизмов анаэробного ила с целью интенсификации и оптимизации биологической очистки сточных вод // Материалы научно-практической конференции студентов и аспирантов «Наука и инновации в решении актуальных проблем города», г. Казань, 2013. – С. 72–74.

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

СОЗДАНИЕ, ОСВОЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ РАСЧЕТА ДИНАМИКИ РОТОРНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ С АКТИВНЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ

Ахметзянов А.М., Андрианов А.В., Гузельбаев Я.З., Сусликов Э.В., Фаляхов И.В.,
ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань,
Ахметова В.Н., Кантюков Р.Р., Сорвачев А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань

CREATION, DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL APPLICATION OF THE COMPLEX OF ALGORITHMS AND PROGRAMS FOR CALCULATION OF DYNAMICS OF ROTORS OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS WITH ACTIVE MAGNETIC BEARINGS

Ahmetzianov A.M., Andrianov A.V., Guzelbaev J.Z., Suslikov E.V., Faliahov I.V.,
CJSC «SRIturbocompressor him V.B. Shneppa», Kazan
Ahmetova V.N., Kantjukov R.R., Sorvachev A.V.,
OJSC «Gazprom transgaz Kazan», Kazan

Аннотация

Работа посвящена разработке математических моделей сложных роторных систем с активными магнитными подшипниками (АМП) центробежных компрессорных агрегатов и созданию на их основе комплекса алгоритмов и программ расчета динамики изгибных колебаний.

Математическая модель роторной системы строится на основе метода начальных параметров с применением функций А.Н. Крылова, что позволяет применять хорошо разработанные методы расчета изгибных колебаний сложных роторных систем.

Разработанные алгоритмы и программы практически проверены при вводе в эксплуатацию нагнетателя Н-398-28-3СМ с АМП на компрессорной станции «Арская» Шемординского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Казань» и показали высокую эффективность.

Annotation

Work is devoted to creation of mathematical models of rotors systems with active mag-netic bearings (AMB) of centrifugal compressor units and to creation on their basis of a complex of algorithms and programs for calculation of dynamic fluctuations of rotors.

The mathematical model of rotors system is under construction on a basis of a method of initial parameters with application of functions of A.N.Krylov that allows to apply well developed methods of calculation of dynamic fluctuations of rotors.

The developed algorithms and programs are checked practically up at commissioning su-percharger H-398-28-3CM with AMB at compressor station «Arskaia» Shemordanskogo LPU of MG of Open Company «Gazprom transgaz Kazan» and have shown high efficiency.

В настоящее время активные магнитные подшипники (АМП) являются наиболее радикальным и перспективным направлением повышения эффективности крупных роторных машин, так как они обладают способностью длительно и устойчиво работать в различных средах без смазки и трения при незначительном потреблении энергии. АМП характеризуются относительной простотой конструкции, широким диапазоном частот вращения (до 200000 об/мин), достаточно высокой нагрузочной способностью (до 80 Н/см^2), способностью работать в условиях широкого диапазона температур и давлений, в условиях агрессивных сред (воздух, гелий, углеводород, пар, гексафторид урана, морская вода, жидкий кислород и водород) и вакуума. Важными преимуществами АМП являются их высокая технологичность изготовления и возможность осуществления левитации ротора машины, т.е. полное исключение механических контактов вращающихся элементов ротора с корпусом.

Прогрессирующее внедрение в качестве опор высокопроизводительных центробежных компрессоров (например, в нагнетателях газоперекачивающих агрегатов) АМП, представляющих собой инновационное направление техники компрессоростроения, требует новых подходов к практике проектирования и испытаний таких машин на стадиях заводских испытаний и при вводе в эксплуатацию. Теоретическая основа функционирования АМП в составе роторной машины объединяет основы теории ряда дисциплин, таких как техническая механика, электромеханика, электроника и теория автоматического управления, что вызывает определенную сложность у специалистов при проведении работ при проектировании, пусконаладке и эксплуатации оборудования с АМП. Поэтому разработка технологий и методик, способствующих повышению эффективности таких работ, является актуальной и востребованной.

Работа посвящена созданию математических моделей сложных роторных систем центробежных компрессорных агрегатов с АМП и формированию на их основе комплекса алгоритмов и программ анализа их динамики.

Так как ротор центробежного компрессора с АМП является структурно неустойчивым объектом, процесс разработки и проектирования требует решения комплекса технических и конструкторских задач, объединенных в единый цикл, среди которых самой сложной и наукоемкой является задача синтеза структуры регуляторов магнитных подшипников. Решение этой задачи возможно только на основе достоверных математических моделей, алгоритмов и программ, позволяющих осуществлять расчеты по обеспечению динамической устойчивости и приемлемых характеристик изгибных колебаний ротора компрессора во всем диапазоне частот вращения.

Исходными данными для расчетной модели являются данные чертежей ротора компрессора, трансмиссии и, при необходимости, оконечных участков вала привода компрессора, характеристики используемых материалов, различные виды небаланса. Модель учитывает возможность осуществлять расчет частотных характеристик объединенного вала (роторной системы) установки (привод-муфта-компрессор) с количеством радиальных опор более двух, характеристик изгибных колебаний роторной системы. В качестве примера на рисунке 1 приведена расчетная модель роторной системы газоперекачивающего агрегата ГПА-16 «Волга» с центробежным нагнетателем НЦ16-76/1,44 с системой АМП.

АМП в составе центробежного компрессора представляет собой пятиканальную систему автоматической стабилизации, причем каждый канал по управлению может быть независимым или связанным. Функциональная схема одного из контуров стабилизации (регулятора) АМП приведена на рисунке 2.

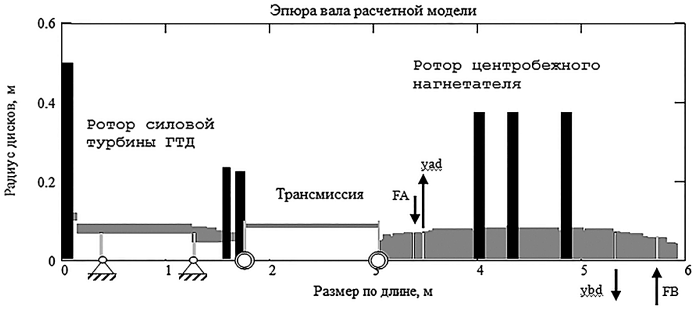


Рис. 1. Расчетная модель роторной системы ГПА-16 «Волга»

Математическая модель роторной системы строится на основе метода начальных параметров с применением функций А.Н. Крылова, что позволяет применять хорошо разработанные методы расчета изгибных колебаний сложных роторных систем [1].

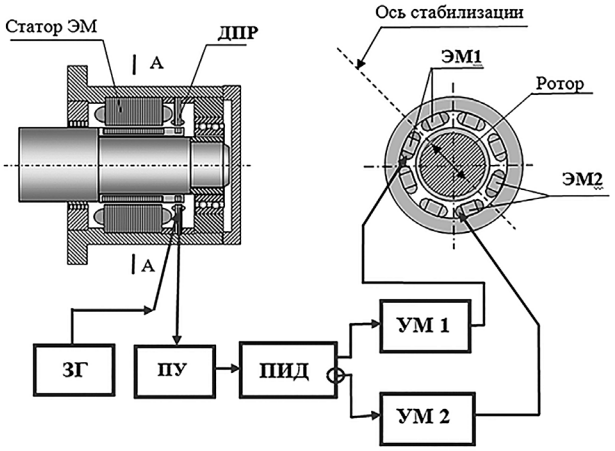


Рис. 2. Функциональная схема контура стабилизации АМП:
ЗГ – задающий генератор; ПУ – предварительный усилитель;
ПИД- звено динамической коррекции; УМ1, УМ2 – усилители мощности;
ЭМ1, ЭМ2 – электромагниты контура

Математическая модель, алгоритмы и программы разработаны таким образом, что процедура синтеза настроек регуляторов АМП осуществляется итерационно в виде последовательных этапов:

– расчета частотных характеристик разомкнутых и замкнутых контуров стабилизации системы АМП с заданием (на каждой итерации) коэффициентов звена динамической коррекции (ПИД);

– анализа результатов расчета на данной итерации в части проверки на устойчивость процесса стабилизации ротора;

– усложнение (при необходимости) структуры звена динамической коррекции и повторение предыдущих двух этапов.

В рамках поставленной цели разработаны математические модели, создан комплекс алгоритмов и программ расчета динамики сложных роторных систем с АМП центробежных компрессорных агрегатов. Освоены подходы и методики применения расчетов динамики роторных систем на всех стадиях создания центробежных компрессорных установок. Более подробно эти вопросы изложены в [2].

Основная научно-техническая идея данной работы заключается в том, что сформирован новый подход в практике проектирования, испытаний и ввода в эксплуатацию центробежных компрессорных агрегатов на основе использования комплекса алгоритмов и программ расчета динамики роторных систем центробежных компрессоров с активными магнитными подшипниками.

Использование результатов работы позволяет оптимизировать процесс создания центробежных компрессоров и систем активных магнитных подшипников, минимизировать временные, аппаратные и финансовые затраты на этапах их проектирования, испытаний и ввода в эксплуатацию. Применение на практике результатов работы позволяет избежать необходимости приобретения высокотехнологичного зарубежного оборудования с АМП фирм S2M (Франция) и Waukesha Bearing (США). Комплекс алгоритмов и программ расчета динамики роторных систем центробежных компрессоров необходимо использовать в практике внедрения центробежных компрессоров с АМП различных отраслей промышленности. Экспертные оценки принципиальной возможности использования АМП в составе крупных центробежных компрессоров только по Республике Татарстан оцениваются величиной от 200 до 500 единиц.

Практическая проверка и промышленное внедрение разработанных алгоритмов и программ успешно осуществлены при вводе в эксплуатацию нагнетателя Н-398-28-3СМ (рисунок 3) газоперекачивающего агрегата ГПА-16МЖ на компрессорной станции «Арская» ООО «Газпром трансгаз Казань» [3].

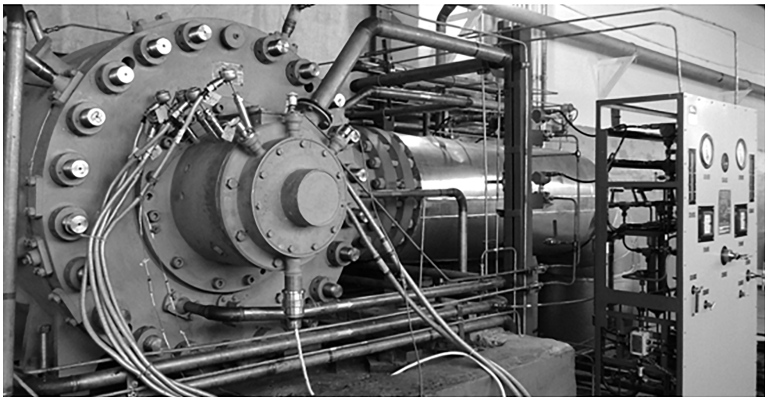


Рис. 3. Нагнетатель Н-398-28-3СМ и стойка уплотнений

Отметим, что нагнетатель Н-398-28-3СМ производства «Компрессорный комплекс» (г. Санкт-Петербург), оборудованный системой АМП и газодинамическими уплотнениями, вводился в эксплуатацию по проекту модернизация агрегата ГПА-16МЖ № 6 в части замены нагнетателя Н-238-28-1 с подшипниками скольжения и маслосистемой. Пусконаладочные работы, осуществляемые поставщиком нагнетателя, не имели положительного результата из-за неустойчивой работы системы АМП.

С помощью предложенного авторами подхода на основе расчетов динамики роторной системы агрегата была проведена теоретическая оценка конструктивного исполнения нагнетателя Н-398-28-3СМ, обоснована возможность обеспечения его устойчивой работы, выявлены и устранены недостатки конструкции, рассчитаны и введены новые параметры настройки системы АМП.

Проведенные работы позволят получить только на одном указанном объекте экономический эффект в виде чистого дисконтированного дохода на базе 10 лет в размере 598,983 млн рублей и поступления налогов в указанный период в размере 220,440 млн рублей.

Литература

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. Наука, 1968.
2. Сарычев А.П. Исследование и разработка ряда электромагнитных подшипников для серии компрессоров газоперекачивающих агрегатов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2010.
3. Ахметзянов А.М., Ахметова В.Н., Андрианов А.В., Гузельбаев Я.З., Кантюков Р.Р., Сорвачев А.В., Сусликов Э.В., Фаляхов И.В. Доводка нагнетателя Н-398-28-3СМ проекта «Реконструкция Кс «Арская» газопровода Уреной-Центр1 с заменой нагнетателей и АВОмасла. Компрессорная техника и пневматика, № 8, стр. 32–36. 2014 г.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Игошин В.А., Анвартдинов Р.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

HEAT RECOVERY FROM THE POWER TRANSFORMERS

Igoshin V.A., Anvartdinov R.F.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В работе рассматривается вопрос отвода тепла от силовых трансформаторов. Были получены зависимости рабочих параметров трансформатора от тепловых потерь. Рассмотрены возможные варианты дополнительного отвода тепла от силовых трансформаторов с целью увеличения срока службы.

Annotation

This paper considers the question of removing heat from power transformers. Were obtained depending on the operating parameters of the transformer heat losses. Possible options for additional heat removal from power transformers, in order to increase service life.

При работе трансформатора происходит процесс выделения тепла, который приводит к перегреву токоведущих частей трансформатора. При дальнейшем увеличении температуры частей трансформатора возрастает поток тепла, передаваемый в окружающую среду, так как тепловой поток пропорционален превышению температуры нагретой части над температурой окружающей среды. Установившаяся температура нагретых частей зависит от устройства системы охлаждения, при помощи которой происходит удаление тепла во внешнюю среду. Система охлаждения трансформатора должна быть спроектирована таким образом, чтобы температура его частей не превышала допустимых пределов.

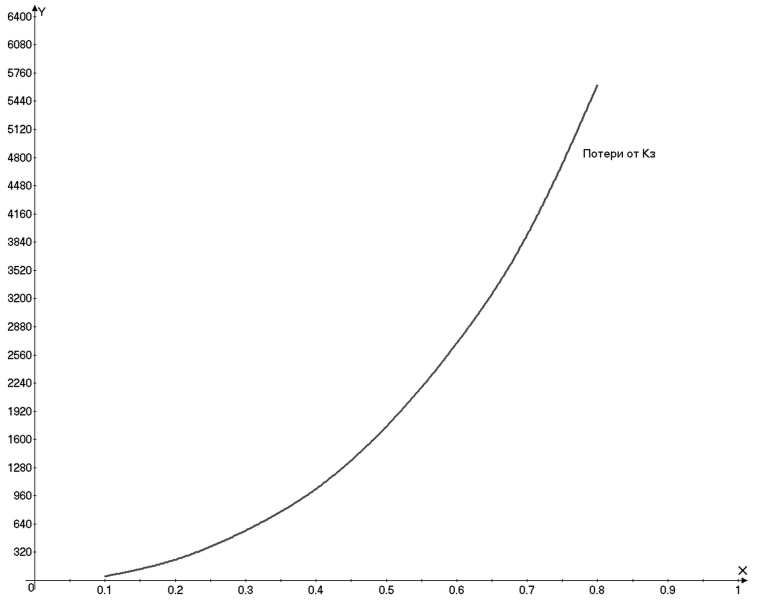


Рис. 1. График зависимости коэффициента загрузки трансформатора от тепловых потерь

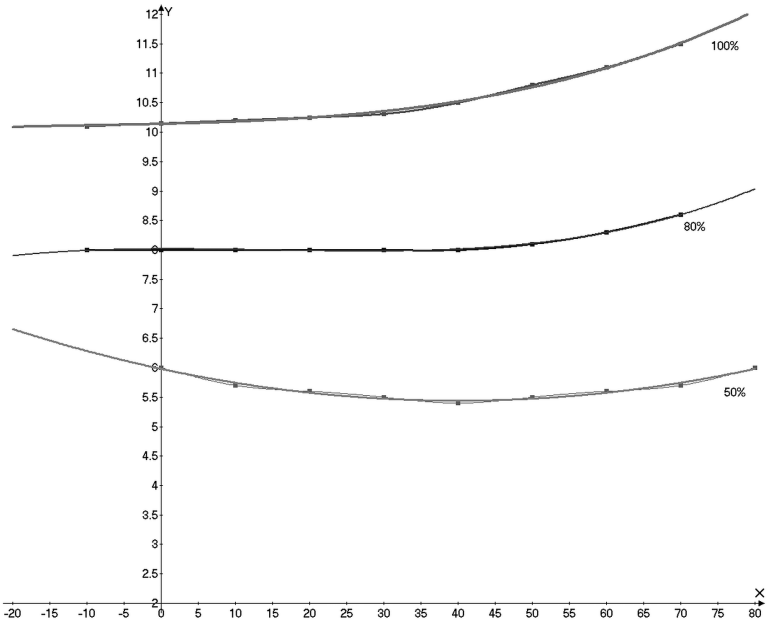


Рис. 2. График зависимости потерь от температуры при различных степенях нагрузки

Допустимые температуры для масляных трансформаторов:

1. Температура обмотки – 65 °С.
2. Наружные поверхности магнитопровода и конструктивных частей – 75 °С.
3. Температура масла в верхних слоях при герметизированном исполнении – 60 °С.

Перегрев токоведущих частей трансформатора может привести к последующему повреждению трансформатора уже электрического характера.

На основании вышеизложенной информации нами были получены следующие данные

На рис. 1 представлен график зависимости потерь от коэффициента нагрузки для трансформатора ТМ-630. Из графика видно, что при увеличении коэффициента нагрузки потери в трансформаторе будут увеличиваться.

На рис. 2 представлен график зависимости тепловых потерь в силовом трансформаторе от полной мощности нагрузки трансформатора, при нагрузке 80 % и при нагрузке трансформатора 50 %.

Таким образом, при дополнительном отводе тепла от силовых трансформаторов появится возможность увеличения срока эксплуатации силовых трансформаторов и возможность использования отведенного тепла для собственных нужд.

Литература

1. Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов. Москва: Энергия. 1980 г.
2. Дымков А.М. Расчет и конструирование трансформаторов. Москва: Высшая школа. 1971.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

Афанасьев В.А., Дегтярёв Г.Л., Мещанов А.С.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ENERGY-SAVING SPACE TRANSPORTATION SYSTEM

Afanasyevм V.A., Degtyarev G.L., Meshchanov A.S.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

Предлагается конструктивно-компоновочная схема (ККС) и описывается последовательность операций, выполняемых в полёте энергосберегающей космической транспортной системой (ЭКТС). Она состоит из двух одинаковых одноступенчатых ракет с жидкотопливными маршевым и рулевыми ракетными двигателями, объединённых в двухосную пакетную ККС, которую имеет ЭКТС при старте, манёврах на орбите и при вертикальном приземлении на поверхность Земли. При спуске в атмосфере ЭКТС трансформируется в одноосную аксиальную ККС, которая ориентируется продольной осью перпендикулярно вектору скорости и за счёт этого приобретает максимально возможное аэродинамическое сопротивление, решая при этом множество проблем возвращения без дополнительных конструктивных средств. Энергосбережение состоит в том, что в единственном варианте ЭКТС может совершить до 10 и более космических полётов, каждый раз возвращаясь на Землю в исправном состоянии, готовом для нового полёта. Полезной нагрузкой ЭКТС служат два возвращаемых космических аппарата (ВКА), по одному на каждую из ракет. Эти ВКА после выхода на орбиту могут выполнять разнообразные полётные задания гражданского и военного назначения в течение длительных сроков эксплуатации и автономно возвращаться на Землю в исправном состоянии благодаря особой двухконусной аэродинамической конфигурации, какую имеет ЭКТС при торможении в атмосфере. При небольшой модификации ККС, направленной на увеличение аэродинамического качества ЭКТС допускает горизонтальный старт с помощью большегрузного самолёта или разгонной платформы, а также горизонтальную посадку на подвижную платформу, определённым образом перемещающуюся по ВПП.

Annotation

We propose a structure-assembly layout (SAL) and describe a sequence of operations per-formed in flight by a energy-saving space transportation system (ESTS). It consists of two identical single-stage rockets with liquid-propellant main and control rocket engines, combine into a biaxial batch SAL that ESTS has during start, maneuver in an orbit and vertical touchdown on the Earth surface. During atmospheric reentry the ESTS transforms into a single axial SAL which orients its longitudinal axis perpendicular to the velocity vector and at the cost of this has the maximum possi-ble aerodynamic drag, resolving at the same time a great number of the return problems without ad-ditional structural means. The energy-saving consists that the ESTS in a single variant can perform up to 10 and more space flights always returning on Earth in a working order ready for the new flight. Payloads for ESTS are two return space vehicles (RSV), one at a time for each of rockets. After entering into orbit these RSV can perform various flight missions of civil and military pur-poses during long terms of maintenance. They autonomously return on Earth in the working order owing to the special two cone aerodynamic configuration that ESTS has during braking in atmos-phere. After a small modification made to increase the aerodynamic efficiency ESTS can make the horizontal landing by using a supersize aircraft or a acceleration platform and also the horizontal landing on a movable platform moving along a runway according to a special law.

Конструктивно-компоновочная схема

Конструктивно-компоновочная схема (ККС) энергосберегающей космической транспортной системы (ЭКТС) показана на рис. 1. Она состоит из двух одинаковых одноступенчатых ракет с жидкотопливными ракетными двигателями (ЖРД), из которых двигатели с тягой, параллельной продольной оси, являются маршевыми двигателями (МД), а двигатели с тягой, перпендикулярной продольно оси, являются рулевыми двигателями (РД). Ракеты шарнирно связаны друг с другом по донным шпангоутам и неподвижно закреплены с помощью замка, образуя пакетную двухосную ККС, какую ЭКТС имеет при вертикальном старте и вертикальном приземлении, также при всех манёврах в космическом пространстве.

Головными обтекателями для каждой из двух ракет ЭКТС служат возвращаемые космические аппараты (ВКА), особенность которых состоит в том, что они содержат не только отсеки полезной нагрузки (ОПН), но также отсек двигательной установки (ОДУ) из нескольких ЖРД, сопла которых ориентированы перпендикулярно продольной оси отдельной ракеты. Во-первых, тяги ЖРД на плече до центра масс ЭКТС образуют моменты сил, используемые в дополнение к РД для управления угловым движением ЭКТС на активном участке траектории разгона, манёврах в космическом пространстве и при спуске в атмосфере. Во-вторых, двигатели ОДУ используются для автономного возвращения ВКА на Землю, сначала создавая тормозной импульс для схода с орбиты, затем для управления спуском в атмосфере и наконец для мягкого вертикального приземления.

Старт, разгон и выход на орбиту

Основной вариант старта ЭКТС – это вертикальный. Причём в качестве первой или даже второй ступени могут использоваться такие же ЭКТС без головных обтекателей – ВКА. Дополнительные разгонные ступени компонуются по пакетной схеме, а вместо ВКА устанавливаются заглушки, которые после срабатывания, отделения ступени и её трансформирования в одноосную ККС обеспечивают нормальное аэродинамическое торможение и последующее вертикальное приземление на одной из промежуточных посадочных площадок вдоль трассы разгона.

Второй вариант старта ЭКТС – это горизонтальный, который может выполняться с помощью самолёта-разгонщика, к которому ЭКТС либо подвешивается снизу фюзеляжа, либо устанавливается сверху фюзеляжа. Горизонтальный старт может также выполняться с помощью подвижной платформы, совершающей разгон по ВПП.

После разгона на активном участке траектории с помощью дополнительных ступеней завершающий этап выхода на целевую орбиту, например на траекторию МКС, ЭКТС осуществляет самостоятельно с помощью своих МД под управлением своих РД. При необходимости для управления угловым движением используются двигатели ОДУ в ВКА.

В общем случае старт ТРН может проводиться практически из любой точки земного шара, а приземление – в широкой полосе поверхности Земли, охватывающей трассу рабочей орбиты ЭКТС.

Манёвры в космосе и вход в атмосферу

Первый этап манёвров в космосе состоит в сближении и стыковке ЭКТС с МКС. Для этого используются собственные МД для поступательных движений и собственные РД для управления и выполнения угловых разворотов. Стыковка с МКС происходит через стыковочный узел, который до этого закрыт заглушкой-наконечником ВКА. После удаления заглушек внутреннее пространство двух отсеков полезной нагрузки предоставляется экипажу МКС для разгрузочно-погрузочных операций. После их завершения заглушки возвращаются на прежние места, обеспечивая герметичность возвращаемым на Землю грузам. В состоянии, пристыкованном к МКС, ЭКТС проводит корректировку орбиты, включая тяги МД и стабилизируя угловое положение с помощью РД.

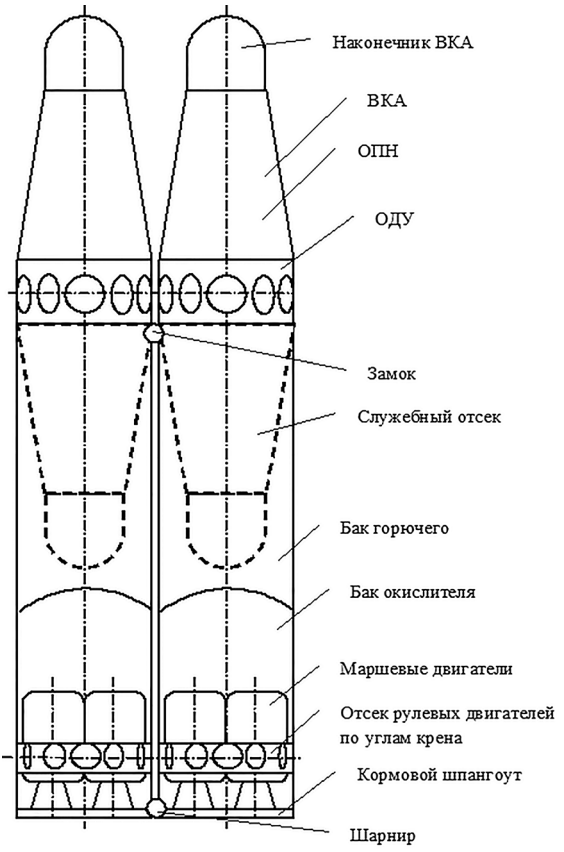


Рис. 1. Энергосберегающая космическая транспортная система

После разгрузочно-погрузочных операций ЭКТС отделяется от МКС, разворачивается в нужном направлении и вырабатывает с помощью МД определённый тормозной импульс, выполняя угловые развороты и стабилизацию с помощью РД.

Спуск в атмосфере

После получения тормозного импульса ЭКТС направляется в атмосферу. На этом этапе полёта раскрывается замок, ракеты разворачиваются вокруг шарнира до образования одноосной аксиальной компоновки, которая фиксируется другим замком (на рис. 1 не показан). В одноосной ККС ЭКТС совершает торможение и управляемый спуск в атмосфере, который имеет следующие особенности.

1. ЭКТС в одноосной компоновке автоматически ориентируется продольной осью перпендикулярно вектору скорости и тем самым приобретает максимально возможное сопротивление без каких-либо дополнительных конструктивных приспособлений (парашюты, щитки, экраны и т.п.) [1]. Эффективное торможение начинается уже на большой высоте, проходит с плавным наращиванием осевой перегрузки до величины не более 5 или 6 и заканчивается вертикальным падением с высоты 10 или 15 км со скоростью 100 или 150 м/с.

2. При спуске в атмосфере, когда ЭКТС в одноосной компоновке установлена перпендикулярно вектору скорости, вращение её вокруг продольной оси, создаваемое за счёт включения РД, обеспечивает равномерный прогрев на всю толщину теплозащитного покрытия по всей

поверхности конструкции ЭКТС. Исключаются критические точки экстремального нагрева теплозащитного материала, являющиеся причиной разрушения не только отдельных теплозащитных плиток, но и всей конструкции известных космических транспортных систем.

3. Смещение центра масс в полёте вдоль продольной оси на определённое расстояние от геометрического центра обеспечивает отклонение продольной оси от вектора скорости на угол атаки, пропорционально которому образуется подъёмная составляющая полной аэродинамической силы, с помощью которой ЭКТС может совершать полёт на большие продольные и поперечные расстояния от траектории баллистического спуска.

4. Используется новый принцип управления на основе прецессирующих свойств гироскопа, которые приобретает ЭКТС в одноосной компоновке с вращением вокруг продольной оси. Момент силы, создаваемый с помощью РД вокруг одной из поперечных осей, вызывает угловое движение вокруг другой поперечной оси, которое под воздействием подъёмной силы обеспечивает полёт ЭКТС в заданном направлении.

Приземление

Мягкое вертикальное приземление ЭКТС осуществляется с помощью тех же МД, которые используются на всей предыдущей траектории космического полёта. В хвостовой части установлены складные амортизаторы, смягчающие касание поверхности. Приземление ЭКТС может проводиться на те же площадки, с которых проводились запуски, при их соответствующем дооборудовании.

При незначительной модификации ККС ЭКТС, например, оборудованием её хвостовым горизонтальным оперением небольшого размера ЭКТС может осуществлять горизонтальную посадку на подвижную платформу, с определённой скоростью движущуюся по ВПП в попутном с ЭКТС направлении. Касание поверхности платформы проходит в заданный момент времени на заданном расстоянии с нулевой горизонтальной и достаточно малой вертикальной составляющими скорости ЭКТС. Горизонтальная посадка ЭКТС позволяет отказаться от сложного, дорогостоящего и ненадёжного шасси, существенно снизить удельную стоимость ПН и значительно поднять надёжность выполнения космического полёта.

Особенности эксплуатации ЭКТС

После выхода на орбиту ЭКТС разделяется на саму ЭКТС и два ВКА. Все три системы автономно существуют на орбите, выполняя свои собственные полётные задания. Например, ВКА проводит обслуживание МКС, доставляя на неё и забирая из неё грузы, а ЭКТС в это время находится в дежурном режиме, ожидая возвращения и стыковки с ней ВКА. Раздельный полёт ВКА и ЭКТС в космосе сокращает расход топлива на выполнение угловых и поступательных движений при обслуживании МКС благодаря меньшей массе и меньшим моментам инерции ВКА.

В случае аварийной ситуации на любом этапе полёта, начиная с входа в атмосферу и кончая касанием поверхности, производится катапультирование обоих ВКА, которые совершают автономную независимую мягкую посадку, используя собственные ракетные двигатели ОДУ для торможения и стабилизации угловых и поступательных программных движений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-08-00424-а.

Литература

1. Афанасьев В.А., Дегтярев Г.Л., Мещанов А.С., Сиразетдинов Т.К. К математическому описанию движения многоразовых спускаемых летательных аппаратов нетрадиционных аэродинамических компоновок// Изв. вузов, Авиационная техника, 2001, № 3, С. 10–14.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО С ДОБАВКАМИ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ И МОЛОТОГО ДОМЕННОГО ШЛАКА

Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF ARTIFICIAL STONE-BASED COMPOSITE GYPSUM BINDER WITH THE ADDITION OF CLAYDITE DUST AND GROUND BLAST-FURNACE SLAG

Khaliullin M.I., Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Исследовано влияние на состав, структуру и основные физико-механические свойства искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего гибридной минеральной добавки, в состав которой входят техногенные продукты – керамзитовая пыль и гранулированный доменный шлак в количествах соответственно 20 и 30 % от массы строительного гипса. Введение в состав строительного гипса гибридной минеральной добавки совместно с добавками извести и суперпластификатора позволяет получить искусственный камень с более плотной и мелкозернистой структурой по сравнению с исходным бездобавочным вяжущим.

Annotation

The influence of a hybrid mineral additive which includes anthropogenic products – claydite dust and granulated blast-furnace slag in quantities of 20 and 30 % of building gypsum mass – on the composition, structure and basic physical and mechanical properties of artificial stone on the basis of composite gypsum binder has been investigated. The incorporation of the hybrid mineral additive in combination with additives of lime and superplasticizer into the composition of building gypsum makes it possible to produce the artificial stone with more dense and fine-grained structure comparing with an initial binder without additives.

Одной из актуальных проблем дальнейшего устойчивого развития стройиндустрии является сокращение энергозатрат при производстве строительной продукции и уменьшение вредных выбросов. Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения и лучшими экологическими показателями. По химическому составу гипс не токсичен, при его переработке не выделяется CO_2. Гипсовые материалы и изделия создают благоприятный микроклимат в помещениях за счет способности поглощать избыточную влагу и отдавать ее, когда в помещении снижается влажность.

В 80-х годах XX века в строительном материаловедении получило развитие направление, связанное с разработкой водостойких композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности, технология получения которых предусматривает применение пластифицирующих и пуццолановых добавок в сочетании с механохимической активацией компонентов вяжущего и содержанием клинкерного цемента менее 15 % [1].

Рядом исследователей показана эффективность использования для получения гипсовых вяжущих повышенной водостойкости тонкомолотого керамзита пыли в составе комплексной гидравлической добавки [2, 3]. Утилизация керамзитовой пыли, которая собирается в системах пылеочистки при производстве керамзитового гравия, является достаточно серьезной проблемой. На крупных керамзитовых заводах ежегодно образуется до 7–8 т керамзитовой пыли. В дальнейшем этот отход добавляют к сырой глине и возвращают в производство, но чаще вывозят в отвалы.

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете выполнены исследования влияния совместного введения добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированного

доменного шлака на основные физико-механические свойства композиционного гипсоизвестково-керамзитошлакового вяжущего (КГИКШВ). Установлены оптимальные значения удельных поверхностей добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированных доменных шлаков различного минерального состава [5].

КГИКШВ получали на основе строительного гипса марки Г-6БII по ГОСТ 125. В состав КГИКШВ вместе с вышеназванными добавками вводились также добавки извести и суперпластификатора «Полипласт СП-1ВП».

В настоящей работе исследованы состав, структура и основные физико-механические свойства искусственного камня, полученного при твердении КГИКШВ оптимального состава с комплексной модифицирующей добавкой, включающей молотые до 500 м^2/кг керамзитовую пыль, отобранную с циклонов пылеочистки цеха по производству керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром», и гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического комбината (табл. 1).

Керамзитовая пыль обладает следующим химическим составом (в % по массе):

SiO_2 – 59,12; Al_2O_3 – 17,85; Fe_2O_3 – 9,7; MgO – 3,01; CaO – 1,74; K_2O – 2,26; SO_3 – 0,93; TiO_2; Na_2O – 0,81; P_2O_5 – 0,22; MnO – 0,2; потери при прокаливании – 3,11. Минералогический состав керамзитовой пыли представлен (% по массе): недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. С помощью метода набухания по ГОСТ 8735 установлено, что в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельной поверхности 500 м^2/кг составила 462 мг/г.

Таблица 1.

Химический состав гранулированного доменного шлака

Содержание в %							Модуль основности	Модуль активности
CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	SO_3	FeO	MnO		
48,4	39,3	4,3	3,4	0,6	0,5	0,4	1,19	0,11

Испытания гипсовых вяжущих проводились в соответствии с ГОСТ 125. Образцы камня испытывались в возрасте 28 суток и 1 года твердения в нормальных условиях. Коэффициент размягчения камня определялся по ТУ 21-0284757.

С использованием метода математического планирования эксперимента определен оптимальный состав комплексной модифицирующей добавки (в % от массы КГИКШВ): молотый доменный гранулированный шлак – 30 %, молотая керамзитовая пыль – 20 %, известь – 3 %, суперпластификатор «Полипласт СП-1» – 0,5 %.

В таблице 2 приведены основные физико-механические свойства КГИКШВ.

Для исходного бездобавочного строительного гипса, твердевшего в течение 28 суток, прочность при сжатии составляет 17,5 МПа, коэффициент размягчения – 0,31.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки искусственный камень на основе КГИКШВ в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях имеет прочность при сжатии на 74,6 % и коэффициент размягчения в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного строительного гипса.

Исследование показателей пористости полученного искусственного камня осуществлялось по ГОСТ 12730.0-ГОСТ 12730.4.

Минералогический состав искусственного камня изучали с применением рентгенофазового анализа на дифрактометре марки D8 Advance корпорации Bruker и методом комплексного дифференциально-термического анализа с применением синхронного термоанализатора STA 409 PC компании Netzsch.

Микроструктуру искусственного камня исследовали на электронном растровом микроскопе РЭММА-202М ПО «Электрон».

Таблица 2.

Основные физико-механические свойства КГИКШВ

Наименование показателя	Значение показателя
Тонкость помола, остаток на сите № 02, %	1,5
Нормальная густота, %	36
Сроки схватывания, мин.: - начало - конец	 8,5 13
Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте: - 28 суток - 1 года	 30,5 35,7
Коэффициент размягчения в возрасте: - 28 суток - 1 года	 0,92 0,96

Анализ дифрактограмм искусственного камня на основе КГИКШВ, твердевшего в нормальных условиях 28 суток и 1 год, показывает следующее.

Основным минералом, слагающим исследуемый искусственный камень, является гипс (d = 7,65; 4,29; 3,06; 2,87; 2,68 Å). Кроме того, в составе искусственного камня присутствует эттрингит (d = 9,73; 5,61 Å), кварц (d = 4,26, 3,34 Å), кальцит (d = 3,05; 2,44; 2,18; 1,89; 1,87 Å), ангидрит (d = 3,50; 2,45 Å), бассанит (d = 6,00; 3,01 Å), реликтовая полиминеральная (в основном гидрослюдистая) глина (d = 4,49 Å). На дифрактограммах не зафиксированы рефлексы, соответствующие закристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция типа CSH(B) (d = 3,04; 2,80; 1,82 Å), так как их перекрывают рефлексы гипса, но наличие широких дифракционных максимумов (d = 2,8-3,3 Å) указывает на наличие новообразованной рентгеноаморфной фазы, соответствующей незакристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция.

Анализ характерных термических эффектов, представленных на полученных методом комплексного дифференциально-термического анализа термограммах исследуемого искусственного камня на основе КГИКШВ, твердевшего в нормальных условиях в течение 28 суток и 1 года, подтверждает данные ренгенофазового анализа относительно минералогического состава камня.

В таблице 3 приведены сравнительные данные исследований показателей пористости камня в возрасте 28 суток на основе бездобавочного строительного гипса и КГИКШВ.

Анализ приведенных показателей пористости показывает, что общая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ ниже по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 42,7 %. При преобладающей доле закрытых пор в полном объеме пор, закрытая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ выше по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 19,84 %. Наблюдается также уменьшение среднего размера пор.

Таким образом, наблюдаемое изменение структуры пористости в результате образования повышенного объема водостойких новообразований при твердении искусственного камня на основе КГИКШВ при введении комплексной модифицирующей добавки обеспечивает увеличение показателей прочности и водостойкости.

Исследование микроструктуры образцов на основе КГИКШВ по сравнению с образцами на основе бездобавочного строительного гипса показало, что введение комплексной модифицирующей добавки обеспечивает формирование искусственного камня с низкопористой структурой, возникновение значительного количества нерастворимых соединений в виде сферических образований низкоосновных гидросиликатов кальция, заполняющих поровое пространство, уплотняющих структуру камня, создающих дополнительные контакты в основной матрице, защищающие контакты срастания гипсовых кристаллов от растворения. Образуется достаточно слитная структура с равномерным распределением пор.

Таблица 3.

Показатели пористости искусственного камня на основе строительного гипса и КГИКШВ

Наименование показателей	Значение показателей искусственного камня на основе	
	строительного гипса	КГИКШВ
Средняя плотность, кг/м^3	1360	1564
Водопоглощение по массе, %	27	9,0
Полный объем пор, %	50,37	31,88
Объем открытых капиллярных пор, %	35,14	14,01
Объем открытых некапиллярных пор, %	0,86	0,69
Объем условно-закрытых пор, %	14,37	17,11
Показатель микропористости (Пмк)	0,197	0,376
Показатель среднего размера открытых капиллярных пор (λ)	0,68	0,15
Показатель однородности размеров открытых пор (α)	0,5	0,4

Сравнение микроструктуры образцов на основе КГИКШВ, твердевших в нормальных условиях в течение 28 суток и 1 года, показало, что в процессе твердения до 1 года новообразования продолжают равномерно заполнять поры по всему объему искусственного камня, увеличивая число контактов, обеспечивая образование более слитной микроструктуры и способствуя повышению прочности и водостойкости камня.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки, включающей молотые керамзитовую пыль и гранулированный доменный шлак, совместно с добавками извести и суперпластификатора обеспечивается образование более плотной, слитной и мелкозернистой структуры искусственного камня с повышенным содержанием нерастворимых продуктов гидратации. В связи с этим камень на основе КГИКШВ с комплексной модифицирующей добавкой имеет прочность при сжатии на 74,6 % и коэффициент размягчения почти в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного бездобавочного строительного гипса.

Разработанные КГИКШВ экономичны в производстве, так как содержат в своем составе до 50 % по массе техногенного сырья в виде молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака.

Литература

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. Ферронской А.В.. – М.: Изд-во АСВ; 2004. – 488 с.
2. Бабков В.В., Комохов П.Г., Капитонов СМ., Мирсаев Р.Н. Механизм упрочнения цементных связок при использовании тонкодисперсных наполнителей // Цемент, 1991, № 9–10. – С. 34–41.
3. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. – М: Изд-во АСВ; 2003. – 96 с.
4. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Композиционные гипсовые вяжущие с использованием керамзитовой пыли и доменных шлаков // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 13–16.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИОНА: ТЕОРИЯ НОВОГО ВРЕМЕНИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Мызникова М.Н.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

POWER EFFICIENCY OF REGION: THE THEORY OF NEW TIME AND DEVELOPMENT PROSPECT

Myznikova M.N.
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Аннотация

В современном развитии экономики и общества имеет место деградация или неэффективное использование энергетических ресурсов. Нарастание технологической, структурно-производственной перестройки экономики предусматривает изменение социально-экономических и институциональных систем. Глубокие структурные сдвиги в экономике, развитие процессов самоорганизации на фоне ускоренного роста наукоемкого производства требуют эффективного использования традиционных видов сырья, топлива и материалов; расширения и использования новых видов энергии. Переход от индустриальной модели к постиндустриальной на основе рыночных принципов развития обострили проблему управления энергоресурсами на территориальном уровне. Актуализация эффективности энергопотребления сферой услуг и изменение структуры производства требуют совершенствования методологии управления, основанной на принципах единства, системности, самоорганизации и синергии. Эволюционная закономерность и устойчивость развития экономической системы основана на теории энтропии, синергетической взаимосвязи всех ее элементов. Применение теории ценозов и предложенный фундаментальный критерий приращения энтропии региональной экономической системы позволили разработать новые методы управления энергопотреблением, определить качественное состояние экономики региона и расширить систему оценки эффективности использования энергоресурсов.

Annotation

In modern development of economy and a society degradation or inefficient use of power resources takes place. Increase of technological, structurally-industrial reorganisation of economy provides changes of social and economic and institutional systems. Deep structural shifts in economy, development of processes of self-organising against the accelerated growth of the high technology manufacture, demand an effective utilisation traditional kinds of raw materials, fuel and materials; expansion and use of new kinds of energy. Transition from industrial model to postindustrial, on the basis of market principles of development, have aggravated a problem of management of power resources at territorial level. Actualisation of efficiency of power consumption by sphere of services and change of structure of manufacture demand perfection of methodology of the management based on principles of unity, системности, self-organising and a synergy. Evolutionary law and stability of development of economic system is based on the entropy theory, синергетической interrelations of all its elements generality and the offered fundamental criterion of an increment of entropy of regional economic system, new management methods power consumption have allowed to develop theory application, to define qualitative state of the economy of region and to expand system of an estimation of efficiency of use of power resources.

Проблемы функционирования региональной системы целесообразно рассматривать с двух позиций: внутреннего потенциала в рамках структурных составляющих региональной системы хозяйствования и силы проявления внешних факторов, влияющих на развитие структуры и эффективность экономической системы, неразрывно связанных с текущим состоянием ресурсной базы. Для достижения целей развития на основе принципов сбалансированности

и достаточности ресурсов необходима оценка состояния экономики и тенденций использования ресурсов в регионе, позволяющая выявить так называемые «точки роста». Таким образом, характеристика ресурсной эффективности, как результат проявления силы факторов макроэкономической среды, предполагает необходимость формирования собственных требований к параметрам и приоритетам развития региона. Нарушение принципа системности в любом звене региональной экономики может привести к цепной реакции нарушений во всей системе, включая электроэнергетику, как основного структурного элемента развития.

Результаты научных исследований показали, что реализация основных принципов методологии реформирования электроэнергетики сформировала хозяйственные подсистемы, характеризующиеся сложными функциональными связями, оказывающими существенное влияние на эффективность процессов развития, распределения и использования энергоресурсов и ценообразования в целом [3].

Процесс производства и энергопотребления основан на принципе односторонней направленности и характеризуется иерархической закономерностью. Функциональная результативность управления элементами системы «производство – потребление» энергоресурсов определяется условиями единства методики выражения эффективности (технологической, экономической, финансовой) и сопоставлением цен и тарифов. Методология управления на региональном уровне сохранила принципы и методы индустриальной парадигмы развития. Существующие принципы ценообразования обусловили возрастание требований к эффективному управлению энергопотреблением и принимаемым решениям [3].

Рост региональной экономики требует экономического роста ВРП. Основой обеспечения намеченных показателей развития социально-экономического развития Республики Татарстан на период до 2030 года является рост основных секторов экономики. Основным фактором роста является развитие промышленности региона. Для обеспечения роста ВРП необходимы опережающие темпы роста промышленности над намеченными темпами роста региональной экономики в целом и электроэнергетики как основного обеспечивающего сектора.

Результаты проводимых научных исследований позволили выявить ряд проблем организационно-экономического характера, оказывающих влияние на развитие региональной системы и электроэнергетики. Организационно-экономические изменения электроэнергетической системы России и Татарстана, динамика внутренней структуры потребляющего сектора происходят в условиях роста издержек производства энергоресурсов, нарастания актуализации проблемы возмещения разницы в тарифах, влияющих на уровень энергопотребления, конкурентоспособность и рост экономики.

Предприятия отраслей нефтехимии, топливодобывающего сектора, развитие которых обусловлено значительными инвестиционными вливаниями, характеризуются как экономически устойчивые. Развитие этих отраслей является привлекательным для электроэнергетики, условия функционирования характеризуются устойчивым процессом воспроизводства. Другие инфраструктурные элементы региональной экономики, функционирующие в условиях недостаточной развитой рыночной среды, ограничены в своем развитии и являются менее инвестиционно привлекательными. Проекты развития имеют длительный срок окупаемости. Роль государственного регулирования обусловлена предотвращением ресурсных ограничений, однако эффективность государственного регулирования определяется регулятивной ориентацией на промышленно развитый сектор экономики, что приводит к актуализации проблем использования энергоресурсов и перекрестного субсидирования в регионе. В дальнейшем роль государственного регулирования будет только усиливаться.

Функционирование электроэнергетики на региональном уровне сопровождается развитием организационно-экономических отношений, направленных на усиление монополизации в целом и ее отдельных структурных элементов. Потребляющий сектор экономики характеризуется неоднородностью и различиями в производственных возможностях, высоким уровнем энергоемкости продукции и, как следствие, изменениями в структуре потребления энергоресурсов, в результате проявления монопольного давления, обострив проблему эффективности

потребления в секторе услуг и усиления ролевой функции государства. Таким образом, на региональном уровне сформировались противоречия между электроэнергетическим сектором и потребляющим сектором, обусловленные различными тенденциями развития отдельных элементов, оказывающих влияние на развитие процесса самоорганизации. Следует отметить, что процесс самоорганизации является одним из основных факторов эффективного управления энергопотреблением и влияет на формирование показателей энергоэффективности экономики.

Таким образом, для разрешения объективных проблем и противоречий в региональной экономической системе необходимы новые экономические решения и модели управления развитием электроэнергетики и потребляющего сектора. Современные подходы к развитию методологии управления, на наш взгляд, должны быть основаны на взаимосвязанных тенденциях развития структурных элементов региона, общности и доступности электроэнергетических ресурсов без ориентации на потребление при производстве, но актуализацией обратного, менее управляемого процесса потребления, требующего новых эффективных методов управления. Данный процесс характеризуется различной структурой потребления, внутриструктурными сдвигами в экономической системе, тенденциями обеспечения инвестиционными, материальными и трудовыми ресурсами и объемами энергопотребления. Таким образом, основной целью управления является преодоление разрыва между структурными элементами электроэнергетического сектора и структурой потребления электроэнергетического ресурса в соответствии с направлением вектора развития экономики.

Для региональной экономики, как некой целостности, обладающей разноценностными интересами хозяйствующих субъектов, необходимо определение общей ценности энергоресурсов.

Предлагаемая нами методология управления энергопотреблением, основанная на теории ценоза и синергетической парадигме современной экономической теории энтропии систем, позволила определить качественное состояние региональной экономической системы как консервативной, обладающей значительным внутренним потенциалом (см. рис. 1) [2].

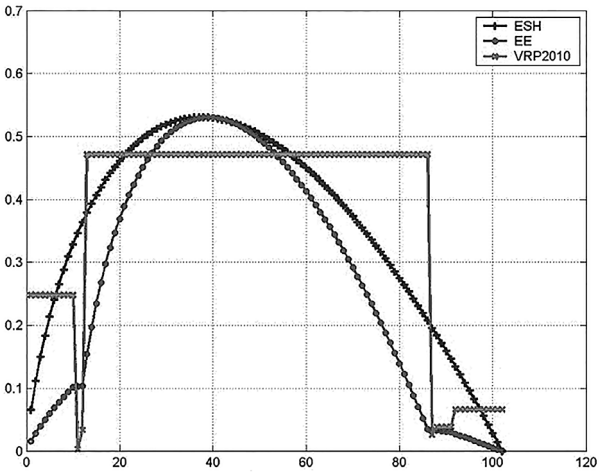


Рис. 1. Вероятность дополнительного производства ВРП предприятиями Республики Татарстан в сложившихся условиях энергопотребления

На рисунке 1 площадь, ограниченная двумя нелинейными графиками, свидетельствует о возможности дополнительного объема производства ВРП за счет оптимальной структуры энергопотребления. Результаты научных исследований позволили выявить новые свойства

экономики региона и электроэнергетики: нарастающая асимметрия в развитии и инвариантность экономической структуры. Разработанная методика, основанная на принципе приращения энтропии и создания полезного продукта экономической системой, позволила выявить значительный внутренний региональный экономический потенциал.

Не менее важной проблемой эффективного использования энергоресурсов является разработка системы показателей энергоэффективности. По нашему мнению, существующий целевой показатель энергоемкости продукции, являющийся слабоинформативным, необходимо представить в виде системы показателей: коэффициента полезной отдачи энергоресурсов; коэффициента замещения энергоресурсов в конечном потреблении; коэффициента энергоэффективности и развития деловой активности региональной экономики [1; 2].

Следует отметить, что различные инвестиционные интересы в бизнес-сферах, ориентация на максимизацию доходов и их перераспределение не отвечают общецелевым экономическим интересам региона. Для Республики Татарстан данная проблема является значимой, так как испытываемые экономические трудности генерирующих предприятий и рост электросетевых компаний, проблемы развития теплогенерирующих предприятий и рынка тепловых услуг не согласованы по инвестиционным интересам. Для реализации основных экономических целей субъектов региона необходимо увеличивать и развивать региональный рынок на основе принципа максимизации общесистемного эффекта. Структурные сдвиги и развитие процесса самоорганизации основаны на актуализации экономической роли малого и среднего бизнеса. Развитие данных секторов позволит снизить социальную напряженность и полностью отвечает интересам производителям энергоресурсов.

Результаты исследований показали, что «несогласованность интересов в системе» может привести к усилению проблемы перекрестного субсидирования и возникновению «скрытого» перекрестного субсидирования. Сдерживание роста тарифов для населения не отвечает монополистическим интересам производителей электроэнергетических ресурсов, промышленные структуры испытывают ценовое давление, влияющее на развитие промышленности. Развитие структуры потребления позволяет производить дополнительное количество энергии и формировать платежеспособный спрос, обеспечивая гарантированный сбыт энергоресурсов.

Литература

1. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии. – М: ЦНЭФ, 2012 г. – 81 с.
2. Valitov S., Myznikova M.N. Methodology for Planning the Efficiency of Energy Resources within the Regional Economic System// Life Science Journal 2014, № 11(12s). – 189-195 p.: http://www.lifesciencesite.com
3. Myznikova M.N. ENERGYECONOMIC ANALY SIS OF THE PROCESS «PRODUCTION – CONSUMPTION» OF ENERGY RESOURCES // IV Science, Technology and Higher Education [Text] : materials of the II international research and practice conference, Westwood, Canada, June 20 th , 2014 / – C. Westwood, Canada, 2014. – 506 p.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА С ЛАМПАМИ ДНАЗ И ДРИЗ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА

Халиуллин А.Ф.,
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань

POWER EFFECTIVE LIGHT SOURCES WITH LAMPS OF DNAZ AND DRIZ AND THEIR ADVANTAGE

Khaliullin A.F.,
«Center of Energy Saving Technologies of the Republic of Tatarstan under the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan», Kazan

Аннотация

Статья посвящена источникам света на основе зеркальных ламп для уличного и промышленного освещения, рекомендуемых к применению при модернизации освещения для повышения энергоэффективности. В статье приведены конструктивные особенности зеркальных лам. Описан принцип действия ламп, их преимущества и эффективность по сравнению с традиционными лампами, применяемыми в уличном и промышленном освещении.

Annotation

The article is dedicated light source based on reflector lamps for street and industrial lighting are recommended for use in lighting retrofit for energy efficiency. The paper presents the design features mirror lamas. The principle of operation of the lamps and efficiency advantages as compared with conventional lamps used in street lighting and industrial.

В Российской Федерации, как известно, имеется около 5 млн световых точек уличного освещения. Основную долю парка уличных светильников в РФ (55–60 %) составляют световые приборы с ДРЛ (дуговые ртутные лампы), около 30–35 % – светильники с натриевыми лампами высокого давления (НЛВД), а также около 5–10 % «фонари» с лампами накаливания.

Одним из направлений развития энергосбережения и повышения энергетической эффективности является модернизация систем освещения. Значительную экономию электрической энергии дает модернизация уличного освещения, основанная на замене светильников с ртутными лампами и лампами накаливания на более эффективные натриевые лампы высокого давления (ДНаТ).

Натриевые лампы ДНаТ высокого давления на сегодняшний день один из наиболее экономичных источников света. Их широкое, повсеместное применение подтверждает этот факт: лампы ДНаТ различной мощности (150, 250, 400, 600, 1000 Вт) используются, как правило, для уличного освещения, в том числе для освещения транспортных магистралей, туннелей, вокзалов, аэродромов, промышленных территорий, т.е. везде, где требуется обеспечить контрастную видимость объектов в любых погодных условиях. По форме внешней колбы и особенностям применения можно выделить три основные группы натриевых ламп: ДНаТ с трубчатой колбой, ДНаС с эллиптической матированной оболочкой и ДНаЗ с зеркальным отражающим покрытием.

Натриевые лампы обладают высокой световой отдачей и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы. Натриевые лампы ДНаТ различных мощностей и номиналов напряжения выпускаются отечественными и зарубежными производителями (таблица 1). Крупнейшие зарубежные производители таких ламп – Osram, Philips, General Electric.

Лампа ДНаЗ является одним из самых эффективных источников света, т.к. имеет высокую световую отдачу (около 150 лм/Вт), большой срок службы (до 32 000 часов) и почти неизменное во времени значение светового потока, представлена на рисунке 1.

Таблица 1.

Сравнительная таблица разных типов ламп, использующихся в уличном и промышленном освещении

	Лампа накаливания	ДРЛ	ДРИ	ДНаЗ высокого давления	Светодиодный светильник
Индекс цветопередачи, Ra	100	45	70	30	65
Светоотдача, Лм/Вт	13	30-60	70-95	До 150	До 120
Период эксплуатации	(1000 ч)	(до 12000 ч)	(до 15000 ч)	(до 32000 ч)	(до 60000 ч)



Рис. 1. Натриевая зеркальная лампа (ДНаЗ)

Конструкция лампы довольно проста: в наружной стеклянной колбе, покрытой изнутри зеркальным покрытием, помещен натриевый излучатель, представляющий собой небольшую цилиндрическую разрядную трубку, выполненную из окиси алюминия. Трубка наполнена парами натрия и ртути под высоким давлением, в которых благодаря зажигающему газу ксенону вызывается электрический разряд в виде дуги. Особенность конструктивного решения лампы заключается в создании на колбе отражающего профиля продольной ориентации, обеспечивающего заданное светораспределение с осевой асимметрией и исключающего многократные отражения и попадание отраженного излучения на разрядную трубку. Зеркальные лампы ДНаЗ, по существу, являются лампами-светильниками. На рисунке 2 представлена сравнительная характеристика уличных светильников с различными лампами.

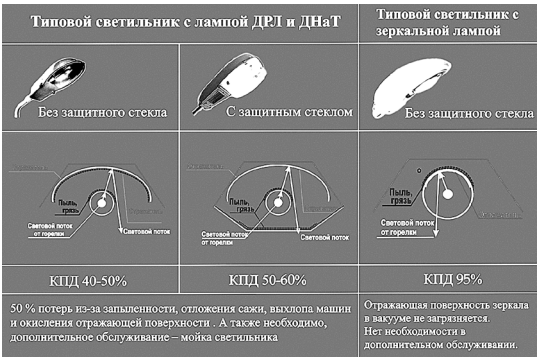


Рис. 2. Сравнение уличных светильников с различными лампами

Компактный эффективный зеркальный отражатель лампы обеспечивает КПД оптической системы не менее 95 % и степень защиты IP 67 и создает оптимизированное продольное перераспределение светового потока. КПД оптической системы лампы ДНаЗ практически

не меняется в течение всего срока службы лампы за счет того, что зеркальное покрытие герметично изолировано от окружающей среды (находится в вакууме). Лампы ДНаЗ сохраняют все преимущества натриевых ламп, создают идеальные условия для работы излучателя и отражателя, увеличивая их срок службы, обеспечивают эффективное, стабильное и хорошо воспроизводимое светораспределение при чрезвычайной компактности форм, высокой надежности конструктивных элементов и простоте обслуживания.

Преимущества использования зеркальных ламп ДНаЗ:

- самая высокая светоотдача по сравнению с традиционными натриевыми лампами;
- КПД оптической системы 95 %;
- экономия электроэнергии до 25 %;
- широкая КСС (объемное освещение);
- максимальная защита оптической системы от пыли и окисления, IP 67;
- минимальные габариты лампы;
- конкурентная цена.

Таблица 2.

Переход с ДРЛ и ДНаЗ

Заменяемая лампа	Аналог лампы ДНАТ	Аналог лампы ДНАЗ
ДРЛ-400	ДНаТ 250	ДНаЗ 150
ДРЛ-250	ДНаТ 150	ДНаЗ 100
ДРЛ-125	ДНаТ 100	ДНаЗ 70

При переходе на светильники с лампой ДНаЗ производители рекомендуют использовать мощность на одну ступень ниже, чем для ламп ДНаТ, и на две ступени ниже, чем для ламп ДРЛ (таблица 2).

Использование светильников с лампой ДНаЗ даёт существенную экономическую выгоду при строительстве новых осветительных установок улиц и дорог, а также при модернизации уже действующих систем с лампами ДРЛ.

Промышленное освещение

В промышленном освещении при модернизации освещения рекомендуется производить замену ламп ДРЛ на металлогалогенные лампы.

Металлогалогенная лампа – это один из видов газоразрядных ламп. Главным отличием является присутствие внутри горелки галоидных соединений (т.е. соединений с йодом, бромом, хлором) различных металлов. При высоких температурах в условиях разряда происходит распад соединения. Таким образом свободные ионы металлов начинают участвовать в разряде, добавляя собственные линии излучения. Металлогалогенные лампы бывают двух видов: с кварцевой горелкой (лампы ДРИ) и керамической горелкой (лампы ДРИК). Металлогалогенные промышленные лампы выпускаются различной мощности (от 35 до 1000 Вт) как в традиционном (трубчатом и софитном), так и в зеркальном исполнении. Лампы высокого давления типа ДРиЗ являются высокоэффективными источниками света универсального применения, сочетают компактность с высокой стабильностью светотехнических характеристик в течение всего срока службы. По сравнению с ДРЛ лампа ДРиЗ обладает лучшей светоотдачей и более высоким индексом цветопередачи.

Преимущества использования зеркальных ламп ДРиЗ:

- высокий индекс цветопередачи;
- спектр, близкий к солнечному;
- увеличение светового потока до 20 % по сравнению с традиционной металлогалогенной лампой в составе светильника;
- длительный срок службы.

При переходе на светильники с лампой ДРиЗ производители рекомендуют использовать мощность на одну ступень ниже, чем для ламп ДРИ, и на две ступени ниже, чем для ламп ДРЛ.

Выводы

1. При модернизации уличного освещения производить замену ламп ДРЛ, ламп накаливания и стандартных ламп ДНаТ на современные зеркальные лампы ДНаЗ.

2. При модернизации промышленного освещения производить замену ламп ДРЛ, ламп накаливания и стандартных ламп МГЛ на современные зеркальные лампы ДРиЗ.

Литература

1. Зеркальные лампы ДНаЗ «Эколюм» [Электронный ресурс]: URL: http://ecolum.ru/statii/ № 2.
2. Натриевые лампы / Компания «Рефлакс» [Электронный ресурс]: URL: http://www.reflux.ru/usage/street/.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕМОНТА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОПРОВОДОВ

Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES FOR REPAIR OR RECONSTRUCTION OF GAS

Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Казань – это город со связанной системой различных инженерных коммуникаций, в том числе системой газоснабжения. В последнее время при ремонте газопроводов используются новые технологии, например известный метод санирования внутренней поверхности стальной существующей трубы тканево-полиэтиленовым рукавом. Метод заключается в протяжке полиэтиленовых труб внутри изношенных стальных. Данный метод экономичен, что очень важно в настоящее время для нашей страны.

Annotation

Kazan is a city with a coupled system of various utilities, including gas supply system. To-day is using new technology in the repair of pipelines. For example, a known method of remediation of inner surface of steel pipe existing tissue-polyethylene sleeves. The method consists in pulling of polyethylene pipes inside the worn steel. This method is economical, it is important nowadays for our country.

Актуальность

В настоящее время проблемы энергоресурсосбережения являются важнейшими, по-скольку кризис в РФ диктует вопросы экономии, а они напрямую связаны с энергосберегающими технологиями. Поэтому рассмотрение вопросов ремонта и реконструкции актуальны на данный момент, т.к. требуют меньше материальных затрат, нежели капитальный ремонт по замене участков вышедших из строя старых трубопроводов.

Применение новых энергосберегающих технологий при ремонте или реконструкции газопроводов

В настоящее время в системе газоснабжения метод протяжки полиэтиленовых труб внутри изношенных стальных требует повышения давления из-за сужения диаметра трубы, поэтому и применяются домовые регуляторы, но это приводит к появлению тупиковых участков, т.е. изменению работы существующей системы газовой сети. Все это относится к минусам данного метода. Также существуют сложности в обслуживании около домовых ШРП [1].

Поэтому нами как альтернатива рассматривается новая технология применения полиэтилена U-Liner.

Метод протяжки проводят поэтапно:

– перед протяжкой трубопровод очищают от различных отложений, а качество подготовки внутренней полости трубы контролируется самоходными видеокамерами;

– в зависимости от диаметра труба поставляется на барабанах длиной до 1600 м;

– в восстанавливаемый трубопровод протягивается полиэтиленовая труба с временно уменьшенным поперечным сечением;

– специальным оборудованием восстанавливается круглое сечение полиэтиленовой профилированной трубы;

– после восстановления ее первоначальной формы новая труба плотно сидит в старом ремонтируемом (реконструируемом) трубопроводе;

– далее производятся сварочные работы с использованием фитингов с закладными нагревательными элементами;

– и наконец производятся работы по присоединению отремонтированного участка к действующему трубопроводу.

Далее наружный диаметр приравнивается к внутреннему диаметру восстанавливаемого трубопровода, а расчет толщины стенки производится в зависимости от используемого материала на основе соотношения наружного диаметра к толщине стенки.

Сам U-Liner изготавливается из высокопрочного полиэтилена (PE-HD). Трубе придается ее характерная U-образная форма при помощи специального термомеханического метода формирования. При этом поперечное сечение трубы уменьшается. Трубу наматывают на барабан, который доставляют на строительную площадку. Далее с помощью лебедки труба разматывается с барабана и протягивается в восстанавливаемый трубопровод.

После монтажа специально разработанных запорных деталей, U-Liner подвергается строго определенному процессу обратной деформации. При этом труба разогревается при помощи пара под давлением. Таким образом активируется специфическая для данного материала способность «вспоминания формы» трубы, и U-Liner приобретает свою первоначальную круговую форму. U-Liner плотно прилегает к внутренней стенке старой трубы и таким образом плотно сидит в старом трубопроводе [2].

Резюме

Основным преимуществом данного метода является его экономичность, а это:

- минимальная продолжительность монтажных работ;
- минимальная площадь под строительно-монтажные работы;
- земляные раскопки ведутся у начального и конечного участка, а не по всей длине;
- минимальная поверхностная шероховатость U-Liner;
- сохраняется пропускная способность газопровода;
- экологичность;
- срок службы не менее 50 лет.

Литература

1 Н.А. Строкова. Энергосбережение. – № 5. – 1998.
2. http://rusproys.ru/node/84.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ НА МИНИ-ТЭС

Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р.,
ФГБУН «КазНЦ РАН», г. Казань

PRODUCTION OF ACTIVATED COAL ON MINI THERMAL POWER PLANT

Afanaseva O.V., Mingaleeva G.R.,
Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Kazan

Аннотация

Целью работы является изучение технологии производства активированного угля на автономных источниках энергоснабжения – мини-ТЭС. Проанализирована структура рынка, рассмотрены свойства активированных углей и существующие технологии, приведена ориентировочная технико-экономическая оценка производства активированного угля на мини-ТЭС. Определено, что производство активированного угля на мини-ТЭС увеличивает капитальные затраты станции на 13,8 %, срок окупаемости составил 9,8 лет.

Annotation

The aim of this work is to study the technology of production activated carbon on the autonomous sources of energy - mini thermal power plants. The market is analyzed, the properties of activated carbon and the existing production technology are considered, approximate technical and economic assessment for the production of activated carbon on the mini thermal power plants is carried out. It is determined that the production of the activated carbon on the mini thermal power plants increases capital costs of station on 13.8 %, payback time amounted 9,8 years.

Анализ рынка активированных углей

Современные экономические условия диктуют необходимость внимательного отношения к вопросам обеспечения энергетической безопасности нашей страны. Одним из решений является строительство автономных объектов малой мощности – мини-ТЭС, работающих на отечественном оборудовании и использующих местное топливо.

В настоящее время актуальным становится направление, связанное с производством побочной продукции на мини-ТЭС, работа станции по принципу «полигенерации» [1–3]. Это тот случай, когда помимо электрической и тепловой энергии осуществляется производство ценной химической продукции. Решение о производстве побочной продукции принимается в первую очередь исходя из региональных потребностей. Поэтому на начальном этапе, при проектировании объекта, необходимо ориентироваться на конкретных потребителей выпускаемой продукции.

Уголь является многофункциональным топливом, и помимо энергетических целей представляет собой источник для производства широкого спектра продукции, используемой в химической отрасли. Так, одним из ценных продуктов, который можно получить при термической переработке угля, является активированный уголь.

Общий годовой объем потребления активированных углей в мире – до 1,5 млн т, в России – менее 20 тыс. т в год. С 2009 по 2013 г. спрос на активированный уголь в России вырос на 27 %: с 15,1 до 19,3 тыс. т [4].

В таблице 1 представлена структура рынка активированных углей в нашей стране [5].

Таблица 1.

Структура рынка активированного угля РФ, %

Поставщики	2010	2011	2012	2013
Отечественные производители	11,6	15,7	19,5	22,6
Импорт	88,4	83,4	80,5	77,4

Как видно из таблицы 1, большая часть российского рынка приходится на импортную продукцию, при этом основными странами, осуществляющими поставки активированного угля на территорию РФ, являются Китай, Индия, Вьетнам, Германия и Шри-Ланка. В современных условиях постепенного перехода к импортозамещению необходимо существенно увеличить объемы внутреннего производства данной продукции. Основными производителями активированных углей в нашей стране являются пермское ОАО «Сорбент», ООО «Пермский завод «Уралхимсорб», ООО «Активные угли Техносорб», ЗАО «Экспериментальный Химический Завод», ЗАО «Карбоника-Ф». Среди зарубежных можно выделить Jacobi Carbons AG, Active Char Products PVT, Chemviron Carbon, Indo German Carbons Limited и другие.

Активированный уголь на каменноугольной основе находит свое применение в системе водоподготовки (очистка питьевой воды от диоксинов и ксенобиотиков, углевание), пищевой промышленности (очистка крахмалопаточных растворов, сахарных сиропов, глюкозы, ксилита), химической, нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности (производство каучука, химических волокон, минеральных масел, химических реактивов, лакокрасочных материалов, рекуперация паров органических растворителей), машиностроении (изготовление адсорберов для легковых автомобилей), топливно-энергетической отрасли (очистка парового конденсата и котловых вод).

Таким образом, рынок активированных углей представляет собой перспективную нишу и может рассматриваться как актуальное направление по расширению возможностей автономных энергетических объектов малой мощности.

Характеристика и классификация активированных углей

Активированный уголь относят к группе микрокристаллических разновидностей углерода, так как мельчайшие углеродные частицы в нем представляют собой кристаллиты размером от 1 до 3 нм. Элементный состав активированных углей включает в себя следующие составляющие: С – 93...94 %, Н – 0,7...1 ,0 %, О – 4,7...6,0 %, кроме этого в нем содержится небольшое количество неорганических элементов.

Активированный уголь в зависимости от ряда характеристик можно разделить на несколько видов. Во-первых, по своей пористой структуре активированные угли бывают макропористые, мезопористые и микропористые. Во-вторых, активированный уголь подразделяется на классы, исходя из своей основы – углеродосодержащего сырья, в качестве которого может выступать: древесная основа, каменноугольная основа, скорлупа кокосовых орехов. И наконец, в зависимости от формы и размера частиц активированный уголь может быть: порошковый; гранулированный (дробленый, частицы неправильной формы); формованный; экструдированный (цилиндрические гранулы); ткань, пропитанная активированным углем.

В настоящее время промышленностью выпускаются следующие марки углей на каменноугольной основе: рекуперационнные гранулированные АР, гранулированные АГ-2, АГ-3, АГ-3-МВК, АГ-3-КП, АГ-5, СКД, СКДС-515, АГ-ОВ, АГЗ-1, АГС-4, АГН, АРД-2, СКД, СОРБЕР, УАФ (таблица 2).

Свойства активированных углей зависят от выбора исходного сырья, метода активирования, продолжительности и условий активирования.

Особенности активирования твердых топлив и технология производства активированного угля на мини-ТЭС

Принцип активирования состоит в том, что в соответствующих условиях уголь подвергается термической обработке, в результате которой вначале образуются поры, а затем увеличивается площадь их поверхности на единицу массы. Известны химические и парогазовые способы активирования. В первом случае в качестве топлива используют древесные опилки, торф, во втором – древесный уголь, торфяной кокс, уголь из скорлупы кокосового ореха, каменный уголь либо кокс из бурого угля.

Таблица 2.

Технические характеристики активированных углей

Показатель	АГ-2А	СКД	АГМ-1	АГН-1	СОРБЕР
Прочность гранул на истирание, %, не менее	73	75	73	70	75
Суммарный объем пор по воде, $см^3/г$, не менее	0,6	0,7-1,0	0,7	0,65	0,8
Массовая доля влаги, %, не более	5,0	3,0	10	10,0	5,0

При активировании каменного угля следует учитывать его сортность. Угли с высоким содержанием смолы и летучих компонентов спекаются при нагревании или вспучиваются, поэтому они требуют предварительной обработки. При использовании спекающихся или вспучивающихся углей обычно процесс ведется по следующей схеме: влажное измельчение исходных углей, брикетирование измельченного продукта, дробление брикетов, рассев по фракциям, окисление для предотвращения вспучивания или спекания, карбонизация, активирование.

Черные бурые угли (черный лигнит) – сорт углей, занимающий промежуточное положение между лигнитом и бурыми углями с одной стороны и каменными углями с другой: можно подготовить к активированию кислотной обработкой. При использовании для этих целей концентрированных кислот стадию осушки можно исключить. Кроме того, в противоположность каменным углям черные бурые угли не требуют карбонизации после гранулирования.

К недостаткам почти всех бурых углей следует отнести сравнительно высокое содержание серы. После активирования она присутствует в основном в форме сульфида, в результате чего даже в слабокислой среде может появиться неприятный запах. Во многих случаях использования угля этот запах необходимо удалить. Это можно осуществить кислотной обработкой с последующим промыванием. Другая возможность заключается в обработке активированного угля в присутствии воздуха водой, нагретой до 60–90 °С; таким образом сера с более низкой валентностью окисляется (вероятно, при каталитическом действии активата) и почти полностью переходит в раствор [6].

Процесс производства активированного угля на мини-ТЭС протекает по традиционной технологии, которая включает в себя карбонизацию угля и его активацию. Карбонизация осуществляется при высокой температуре (около 600 °С) без доступа воздуха, на выходе получается уголь-карбонизат. Однако он обладает недостаточными адсорбционными свойствами ввиду малого размера пор, поэтому далее уголь-карбонизат отправляют на активацию. Активирование углеродсодержащих веществ в угле окисляющими газами производится с достаточной скоростью только при температуре 600–1000 °С. Реакция твердых топлив с обычно используемыми активирующими газами – водяным паром и диоксидом углерода – является эндотермической. Последующее сгорание этих газов сопровождается выделением энергии.

Расположение объектов малой энергетики в непосредственной близости от потребителей накладывает определенные требования, которым должно удовлетворять все оборудование, используемое на мини-ТЭС. В первую очередь это касается его компактности и маневренности.

Реакторы, используемые в технике для газового активирования, должны отвечать следующим условиям: нагревание реакционного материала до высокой температуры; хороший контакт между углеродсодержащим веществом и активирующими газами; подвод теплоты, необходимой для реакции; как можно меньший расход тепловой энергии реакционного газа. Эти требования обеспечиваются применением разнообразных конструкций печей для проведения процесса активации: вращающиеся, шахтные, многополочные, реакторы с кипящим слоем. На основании проведенного литературного обзора авторами был сделан

вывод, что оптимальной для мини-ТЭС представляется конструкция активатора с кипящим слоем. В настоящее время серийного производства активаторов малой мощности в нашей стране нет, поэтому их выпуск возможен только под конкретный заказ.

Для мини-ТЭС мощностью 15,2 МВт (расход исходного угля 12,1 кг/с, расход активированного угля 6,39 кг/с) был проведен оценочный технико-экономический расчет блока производства активированного угля с использованием оборудования из Китая. Определено, что капитальные затраты при производстве активированного угля на мини-ТЭС увеличились на 13,8 % и составили 217,4 млн руб. Стоимость вырабатываемой энергии при его реализации 4500 руб./тонну составила 1,5 руб./кВт·ч, срок окупаемости – 9,8 лет. Эксергетическая эффективность мини-ТЭС с производством активированного угля составила 48 %, что практически в 1,5–2 раза превышает данный показатель для станций малой мощности без выпуска побочного продукта.

Таким образом, выбор вида побочного продукта для производства на мини-ТЭС, несмотря на высокую энергетическую эффективность процесса, определяется потребностями региона и зависит от конкретных условий размещения и функционирования объекта.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФАНО № 0217-2014-0004 «Разработка физико-химических основ и технологического оформления процессов функционирования энерготехнологических комплексов по производству энергии и химических продуктов, интегрированных в региональные системы электро- и теплоснабжения».

Литература

1. Угольные мини-ТЭС с внутрицикловым пиролизом топлива / Блохин А.И., Карев А.Н., Кенеман Ф.Е., Стельмах Г.П. // Электрические станции. 2005. № 7. С. 25–33.
2. Ноздренко Г.В. Экологическая газотурбинная мини-ТЭЦ на угле / Ноздренко Г.В., Овчинников Ю.В. // Физико-технические и экологические проблемы теплоэнергетики. 1993. С. 65–72.
3. Poligeneration from coal: Integrated power, chemicals and liquid fuels. July 2008. Nextan. Chem systems.
4. Отчет BusinesStat. Анализ рынка активированного угля в России в 2009–2013 гг., прогноз на 2014–2018 гг. Демонстрационная версия. 17 с. [электронный ресурс]; // URL: http://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmarketing.rbc.ru%2Fdownload%2Fresearch%2Fdemofile_562949986198016&ei=9ETbVPTfJKj5ywPwvYKICA&usg=AFQjCNExSbeT0-afV4875wQAvgZMs-GLw&bvm=bv.85761416,d.bGQ&cad=rjt (дата обращения 20.02.2015).
5. Маркетинговое исследование. Рынок активированного угля. 2015. [электронный ресурс]; // URL: http://www.indexbox.ru/reports/marketingovoe-issledovanie-rynok-aktivirovannogo-uglja (дата обращения 20.02.2015).
6. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. / Пер. с немец. – Л: Химия, 1984. 216 с.

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ

Зуева О.С., Беневоленская Н.Н., Боровская А.О., Шарипова Э.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Зуев Ю.Ф.,
ФГБУН Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань

DISPERSION OF CARBON NANOTUBES FOR NANOCOMPOSITES CREATION

Zueva O.S., Benevolenskaya N.N., Borovckaya A.O., Sharipova E.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Zuev Yu.F.,
KIBB KazSC RAS, Kazan

Аннотация

В данной работе проведено экспериментальное изучение механизмов процессов, происходящих при диспергировании углеродных нанотрубок в водных растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ). Исследовались концентрационные зависимости коэффициентов самодиффузии ионов ПАВ, противоионов и молекул воды (метод протонного ЯМР), а также электропроводности и оптической плотности суспензий УНТ в диапазоне концентраций ПАВ от 1 мМ до 100 мМ при наличии и в отсутствие углеродных нанотрубок. Охарактеризованы структурные изменения, обусловленные наличием углеродных нанотрубок, происходящие как на поверхности нанотрубок, так и в дисперсиях ПАВ. Полученные данные могут быть использованы для правильного описания и корректного использования наночастиц в водных растворах ПАВ.

Annotation

In this paper, an experimental study of the mechanisms of dispersion processes of carbon nanotubes in aqueous solutions of surfactants was carried out. The concentration dependence of self-diffusion coefficients of surfactant ions, counterions and water molecules (by proton NMR), the electric conductivity and optical density of the CNT suspensions at surfactant concentration ranging from 1 mM to 100 mM in the presence and absence of carbon nanotubes was investigated. The structural changes resulting from the presence of carbon nanotubes, occurring on the nanotubes surface and in the surfactant dispersions was characterized. The data obtained can be used for correct description and use of nanoparticles in aqueous solutions of surfactants.

В настоящее время углеродные нанотрубки (УНТ) являются универсальным добавочным материалом для создания веществ, имеющих принципиально новые или значительно улучшенные физико-механические и физико-химические свойства, способствующие энергоресурсосбережению (в частности, повышенную износо- и антикоррозионную стойкость), причем спектр возможных применений углеродных нанотрубок со временем все более расширяется. В частности, добавление малых количеств углеродных нанотрубок приводит к существенному увеличению прочностных параметров конструкционных и функциональных материалов, что позволяет создавать усовершенствованные строительные, полимерные и резинотехнические нанокомпозиционные материалы, а также приводит к улучшению свойств и эффективности использования нефтепродуктов.

Технология получения композиционных материалов, содержащих нанотрубки, требует их равномерного распределения по всему объему образца. Однако исходный углеродный наноматериал обычно представляет собой агломераты нанотрубок – спутанные клубки различной величины, в которых сотни углеродных нанотрубок связаны между собой физическими силами Ван-дер-Ваальса. Для дезагрегирования УНТ применяется комплекс различных физических и химических методов, позволяющих добиться их индивидуализации. Чаще всего перед внедрением углеродных

нанотрубок в матрицу основы с помощью ультразвука предварительно создаются однородные суспензии УНТ в растворах и дисперсиях поверхностно-активных веществ (ПАВ) [1, 2]. Следует отметить, что наиболее часто употребляемое для различных технологических применений ПАВ – додецилсульфат натрия (ДСН) – является относительно дешевым и потому подходящим для промышленного использования. В связи с расширением сферы применения углеродных нанотрубок исследование процессов диспергирования УНТ приобретает особую актуальность.

В предыдущих работах [1, 2] методами электронной микроскопии было показано, что для создания однородных суспензий углеродных нанотрубок отечественного углеродного наноматериала «Таунит» в водной среде применение ДСН совместно с ультразвуковым воздействием дает хорошие результаты, причем оптимальным является диспергирование в растворах ДСН с концентрацией 80–100 мМ. Однако методы электронной микроскопии не позволяют понять сущность процессов, происходящих как с УНТ, помещенными в растворы и дисперсии ПАВ, так и с самими дисперсиями ПАВ. Экспериментальному изучению механизмов процессов, происходящих при диспергировании углеродных нанотрубок в водных растворах ПАВ на примере додецилсульфата натрия, посвящена настоящая работа. Для решения поставленной задачи исследовались концентрационные зависимости коэффициентов самодиффузии ПАВ (метод протонного ЯМР), электропроводности (метод кондуктометрии) и оптической плотности (метод спектрофотометрии) суспензий УНТ в диапазоне концентраций ПАВ от 1 мМ до 100 мМ. Получены экспериментальные данные о диффузионном поведении макроионов ПАВ, противоионов и молекул воды, а также об электропроводности и оптической плотности дисперсий ПАВ при наличии и в отсутствие углеродных нанотрубок.

Для приготовления суспензий брались навески УНТ по ~ 5 мг, заливались растворами ДСН в дистиллированной воде или в дейтерированной воде (Deuteriumoxid 99.9 %) определенной концентрации объемом 1 мл. Необходимость использования именно дейтерированной воды для ЯМР-исследований диктуется возможностью устранения наиболее сильного вклада в сигнал от протонов обычной воды. Растворы подвергались воздействию ультразвуком в течение 15 мин. на приборе Elma Sonic S 40H, затем центрифугировались на центрифуге ELMI в течение 10 мин. при 10000 g. Для измерений с растворов отбиралась верхняя часть до плотного осадка. Описанный выше способ приготовления суспензий УНТ за счет удаления осадка центрифугированием дает стабильные суспензии с практически постоянной концентрацией УНТ в растворе.

Молекулы типичных ионных ПАВ состоят из двух частей, резко различающихся по молекулярной природе и свойствам: гидрофильной полярной головной группы и гидрофобного неполярного углеводородного радикала. В водных растворах при небольших концентрациях обе ионные компоненты (ионы ПАВ и противоионы) находятся в свободном состоянии. При некоторой пороговой концентрации, называемой критической концентрацией мицеллообразования (ККМ), в системе за счет процессов самоагрегации начинают возникать мицеллы – сфероидальные ассоциаты, ядро которых сформировано углеводородными радикалами ПАВ, а оболочка состоит из полярных частей молекул, ориентированных от ядра. Вблизи ККМ и в достаточно широком интервале концентраций выше ККМ (примерно на один порядок) образуются мицеллы, форма которых близка к сферической [3]. Для сферических мицелл ДСН с радиусом 2,3 нм среднее число молекул ПАВ в одной мицелле равно 64. Значение критической концентрации мицеллообразования для водных растворов ДСН находится вблизи 8,3 мМ [4–7]. Величина ККМ является одним из важнейших параметров дисперсий ПАВ, поскольку определяет границу возникновения явлений, принципиально невозможных при меньших концентрациях, например, коллоидного растворения.

Добавление УНТ в растворы ПАВ меняет характер происходящих процессов, поскольку поверхности углеродных нанотрубок, имеющие в воде отрицательный поверхностный заряд, активно адсорбируют как противоионы натрия, так и ионы ПАВ с возможным восстановлением целостности отдельных молекул. Применение ультразвукового воздействия содействует проникновению молекул ПАВ в промежутки между нанотрубками, их разъединению и созданию адсорбционого слоя молекул ПАВ на всей поверхности нанотрубок. Это препятствует их повторному слипанию, за счет чего осуществляется нековалентная модификация поверхностей

УНТ с помощью адсорбции молекул ПАВ, приводящая к высокой эффективности диспергирования. В результате адсорбции число несвязанных ионов ПАВ в растворе уменьшается. Поэтому для достижения ККМ и образования мицелл требуются другие количества растворенного ПАВ. Сдвиг критической концентрации мицеллообразования в область больших концентраций ПАВ действительно наблюдался на исследованных нами концентрационных зависимостях коэффициента самодиффузии, проводимости и оптической плотности исследованных суспензий УНТ в растворах ПАВ.

Измерения коэффициентов самодиффузии ДСН выполнены на спектрометре ЯМР (AVANCE III, 600 МГц, Bruker, Германия) с датчиком TXI 5mm, оснащенным градиентной катушкой. Для измерения коэффициентов диффузии (КСД) использована импульсная последовательность «стимулированное эхо» с биполярными градиентами. Измерения КСД проведены на ядрах протонов 1H (600.13 МГц). Градиент магнитного поля в экспериментах изменяли в интервале от 0 до 0.5 Тл/м при постоянном времени диффузии и длительности импульсов градиента магнитного поля. Концентрационные зависимости коэффициента самодиффузии ДСН в растворах ПАВ и в суспензиях УНТ в растворах ПАВ представлены на рис. 1 слева. Разница коэффициентов самодиффузии молекул ДСН между суспензией УНТ в ПАВ и водным раствором ПАВ изображена на рис. 1 справа. По этой зависимости можно оценить значение ККМ ДСН в суспензиях УНТ как 12 мМ.

Электропроводность растворов ПАВ в отсутствие и при наличии УНТ измерялась с использованием кондуктометра ОК 102/1 (Radelkis, Венгрия) на частотах 80 Гц и 3 кГц. По полученным в результате эксперимента данным по электропроводности рассчитаны значения удельной электрической проводимости как чистых дисперсий ДСН, так и суспензий углеродных нанотрубок в дисперсиях указанного ПАВ. Было выявлено, что уменьшение числа носителей заряда, обусловленное адсорбцией, приводит к относительному снижению удельной электрической проводимости дисперсий ДСН в присутствии углеродных нанотрубок. Удельная электропроводность изменяется от 55 % для концентрации 1 мМ, до 25–18 % для концентраций 3–10 мМ, затем падает до 11 % при 12 мМ, указывая на появление мицелл и еще раз изменяется при 50 мМ, указывая на изменение формы мицелл.

Наблюдаемое в эксперименте столь значительное относительное изменение удельной электрической проводимости дисперсий додецилсульфата натрия при малых концентрациях ПАВ может быть объяснено только значительным уменьшением в растворе числа носителей обоих знаков. Это означает, что на углеродных нанотрубках адсорбируются не только ионы ПАВ, но и часть противоионов натрия с возможным восстановлением целостности некоторых макромолекул. Такой процесс вполне вероятен и в силу того, что по существующим литературным данным поверхность нанотрубок в водных растворах заряжена отрицательно. При некоторой концентрации ПАВ углеродные нанотрубки оказываются полностью облепленными молекулами и макроионами ПАВ. Судя по полученным нами данным, в присутствии нанотрубок значение критической концентрации мицеллообразования сдвигается с 8 мМ до 12 мМ, т.е. до того же значения ККМ, что и при исследовании коэффициента самодиффузии молекул ПАВ.

Изучение оптической плотности суспензий УНТ в растворах ПАВ в ультрафиолетовом диапазоне с помощью сканирующего спектрофотометра, работающего в ультрафиолетовой и видимой области Lambda 25 (Perkin Elmer, США), выявило аналогичные результаты. Делались две серии измерений. В первой серии сравнивались световые потоки, прошедшие через кювету с образцом и кювету с дистиллированной водой. Таким образом было оценено абсолютное поглощение, включающее поглощение молекулами ПАВ и их агрегатами. Во втором случае сравнение проводилось с раствором ПАВ той же концентрации, что позволило выявить особенности поглощения именно углеродных нанотрубок. Полученные данные говорят о том, и в этом случае максимум поглощения приходится на область концентраций, близкую к 10–12 мМ.

Итак, в работе показано существование структурных изменений, обусловленных наличием углеродных нанотрубок, происходящих не только на их поверхности, но и в дисперсиях ПАВ, в частности, появление сдвига критической концентрации мицеллообразования. Учет новых структурных параметров необходим для корректного описания наночастиц в дисперсиях и

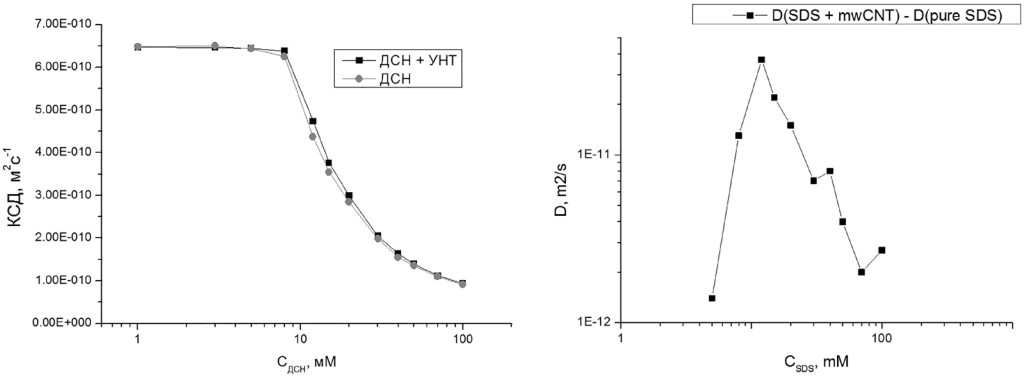


Рис. 1. Слева: концентрационная зависимость коэффициентов самодиффузии молекул додецилсульфата натрия в водном растворе ДСН (красный) и в суспензиях УНТ (черный); справа: разница коэффициентов самодиффузии молекул ДСН между суспензией УНТ в ПАВ и водным раствором ПАВ

дает возможность видоизменить алгоритм расчета электростатического потенциала диффузной части двойного электрического слоя мицелл в присутствии углеродных нанотрубок. Следует отметить, что наличие в растворах ПАВ углеродных нанотрубок сказывается и на других рассмотренных свойствах изученных суспензий: меняются коэффициенты самодиффузии как молекул воды, так и молекул ПАВ, а также химические сдвиги сигналов ЯМР. Все это также говорит о структурных изменениях, происходящих в системе вода – ПАВ – УНТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (13-02-97055-р_поволжье_а).

Литература

1. Зуева О.С., Осин Ю.Н., Сальников В.В., Зуев Ю.Ф. // Энергоресурсоэффективность и энергосбережение. Труды XIV международного симпозиума. – Казань: Изд-во ООО «ТаГраф». – 2014. – С. 598–601.
2. Зуева О.С., Осин Ю.Н., Сальников В.В., Зуев Ю.Ф. // Фундаментальные исследования. 2014. – № 11–5. – С. 1021–1027.
3. Зуева О.С., Рухлов В.С., Зуев Ю.Ф. Коллоидные наносистемы / Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике. Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – С. 169–200.
4. Идиятуллин Б.З., Потарикина К.С., Зуев Ю.Ф., Зуева О.С., Усьяров О.Г. // Коллоидный журнал. – 2013. – Т. 75. – № 5. – С. 585–590.
5. Богданова Л.Р., Беневоленская Н.Н., Боровская А.О., Шарипова Э.А., Зуева О.С., Зуев Ю.Ф. // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 35. – № 8. – С. 74–80.
6. Зуев Ю.Ф., Гнездилов О.И., Зуева О.С., Усьяров О.Г. // Коллоидный журнал. – 2011. – Т. 79. – № 1. – С. 43–49.
7. Gnezdilov O.I., Zuev Yu.F., Zueva O.S., Potarikina K.S., Us'yarov O.G.. // Applied Magnetic Resonance. – 2011. – V. 40. – P. 91-103.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА И ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Кантюков Р.Р., Сорвачев А.В.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань

RECONSTRUCTIONS OF GAS TRANSMITTAL UNIT AND ITS ENERGY PERFORMANCE

KantyukovR.R., Sorvachev A.V.,
LLC «Gazprom transgaz Kazan», Kazan

Аннотация

Работа посвящена оценке уровня энергетической эффективности нового типа газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-25НК.Р в сравнении с агрегатом ГПА-25/76, замененным в рамках реконструкции в ООО «Газпром трансгаз Казань».

Annotation

The article is concerned with appraisal rate of energy performance new type of gas transmittal unit (ГПА-Ц-25НК.Р) in comparison with gas transmittal unit (ГПА-25/76), replaced in accordant to reconstruction in OJSC «Gazprom transgaz Kazan»

Успехи газовой отрасли складываются не только из труда каждого работника и слаженной работы всех подразделений, они также обоснованы применением эффективных решений и мероприятий экономии и энергосбережения в самом широком смысле слова.

Текущий год ознаменовывается важным событием в производственной деятельности ООО «Газпром трансгаз Казань» – завершается третий этап реконструкции компрессорного цеха «Ямбург – Западная граница» одноименного газопровода компрессорной станции «Арская».

Проект получил название «Реконструкция КС «Арская» газопровода Ямбург – Западная граница с заменой ГПА-25/76» и вошел в Комплексную программу реконструкции и технического перевооружения объектов транспорта газа и компрессорных станций ПХГ ОАО «Газпром».

Своевременная реконструкция основных средств производства ОАО «Газпром», в том числе КС «Арская», позволяет обеспечить надёжность поставок природного газа и чётко выполнять свои контрактные обязательства.

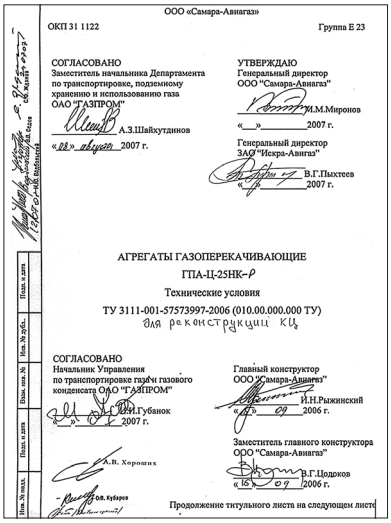
Значение данного проекта имеет высокую степень, поскольку КС «Арская» является составной частью экспортного коридора, по которому газ поставляется в центральную часть России и Западную Европу.

Реализация проекта

Разработчиком и поставщиком агрегата выступило ЗАО «Самара-Авиагаз», г. Самара, поставка агрегатов велась по серийным техническим условиям «Агрегаты газоперекачивающие ГПА-Ц-25НК-Р.С» (рис. 1).

В качестве привода центробежного нагнетателя природного газа типа 321-ГЦ2-660/56-76М03 используются конверсионные авиационные двигатели НК-36СТ производства АО «Кузнецов», г. Самара. Трехвальный газотурбинный двигатель НК-36СТ создан на базе двигателей для нужд дальней авиации, в связи с чем заложенные в нем инженерные решения совмещают высокую мощность и экономичность.

Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-25НК-Р.С имеет «сухой» нагнетатель, не требующий в своей работе смазочного масла и маслосистемы, оснащен цифровой системой электромагнитного подвеса ротора КТМ-1С производства концерна «ВНИИЭМ», г. Москва, и газодинамическими уплотнениями фирм «Грейс-Инжиниринг» или «ТРЭМ-Казань» г. Казань (рис. 2).



ООО «Самара-Авиагаз»

ОКП 31 1122 Группа Е 23

СОГЛАСОВАНО
Заместитель начальника Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО "ГАЗПРОМ"
А.З.Шайхутдинов
«28» августа 2007 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор ООО "Самара-Авиагаз"
Ю.М.Миронов
«___» _____ 2007 г.

Генеральный директор ЗАО "Искра-Авиагаз"
В.Г.Пыхтеев
«___» _____ 2007 г.

АГРЕГАТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ
ГПА-Ц-25НК-Р
Технические условия
ТУ 3111-001-57573997-2006 (010.00.000.000 ТУ)
для реконструкции КЦ

СОГЛАСОВАНО
Начальник Управления по транспортировке газа газового конденсата ОАО "ГАЗПРОМ"
Ю.И.Губанок
2007 г.

Главный конструктор ООО "Самара-Авиагаз"
И.Н.Рыжинский
«25» 09 2006 г.

Заместитель главного конструктора ООО "Самара-Авиагаз"
В.Г.Цодоков
«18» 09 2006 г.

А.В. Хороших

Продолжение титульного листа на следующем листе

Рис. 1. Технические условия на ГПА-Ц-25НК.Р

Система управления агрегата построена на основе комплекса МСКУ-5000 производства «Система-Сервис», г. С.-Петербург, обеспечивающего полный контроль технологического процесса на основе обработки более 100 аналоговых и более 330 дискретных сигналов.

В ходе двух первых этапов в 2010–2011 годах были введены в строй ГПА станционные номера 3 и 1 и вспомогательное оборудование (межцеховые технологические коммуникации, ремонтно-эксплуатационный блок, станционная часть системы технологического воздуха, склад масел и т.д.).

В рамках третьего этапа, завершающего проект реконструкции цеха, введен в строй газоперекачивающий агрегат станционный номер 2, станционная система управления, УПТИГ, КТП АВОгаза и т.д.

Эффективность – основа реализации проекта

Моральное и физическое старение агрегатов ГПА-25/76, технические условия на которые ТУ 103.1162-83 действовали до 1986 года, отсутствие сопоставимых по масштабу проектов с реализованным в СССР проектом «Уренгой – Помары – Ужгород» привело к тому, что данный тип агрегатов не имел дальнейшего развития и был снят с производства на Невском заводе им. В.И. Ленина, г. С.-Петербург.

Современные технические решения по созданию газоперекачивающих агрегатов формализованы ОАО «Газпром» в нормативных документах ВРД 39-1.8-055-2002 «Типовые технические требования на проектирование КС, ДКС и КС ПХГ» и СТО ОАО «Газпром» 2-3.5-138-2007 «Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам», на основе которых ведутся разработки новых типов газоперекачивающих агрегатов. Заложенные в СТО требования обязывают разработчиков создавать оборудование соответствующего технического уровня, важнейшей характеристикой которого является энергоэффективность. В рамках данного норматива разработан газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-25НК (рис. 2, 3), основные характеристики которого в сравнении с ГПА-25/76 представлены в таблице 1.

Следует отметить, что при сопоставимой производительности нагнетателей потребление топливного газа агрегатами ГПА-Ц-25НК составляет около 72 % от потребного значения для агрегата ГПА-25-/76. Эта экономия обеспечивается за счет более высоких значений КПД двигателя и нагнетателя.

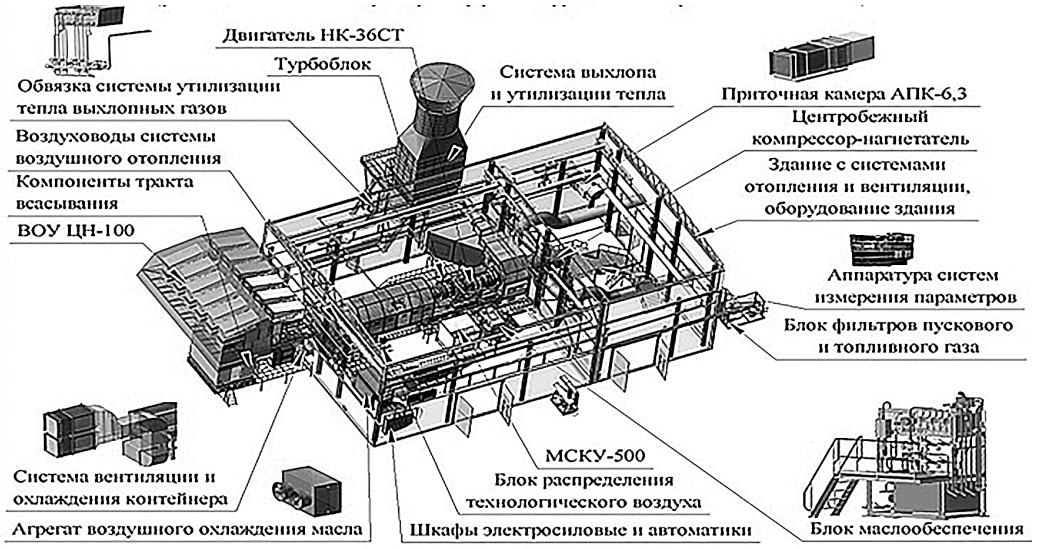


Рис. 2. Компоновочная схема газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-25НК.Р.С

Таблица 1.

Основные характеристики ГПА-Ц-25НК в сравнении с ГПА-25/76

Параметр	ГПА-25/76	ГПА-Ц-25НК
Технические условия	ТУ 103.1162-83	ТУ 3111-001-57573997-2006
КПД привода в станционных условиях	28,1	34,5
Мощность привода, МВт	27,5	25
Расход топливного газа, кг/сек	1,983	1,42
КПД ЦБН политропный	0,83	0,86
Производительность нагнетателя, приведенная к расчетным условиям, млн н.м^3 в сутки	47,0	46,44

Существенный дополнительный энергосберегающий эффект обеспечивает применение системы магнитного подвеса ротора центробежного нагнетателя 321-ГЦ2-660/56-76М03 вместо традиционной системы смазки. При таком решении нет необходимости в приобретении смазочного масла ТП-22, расходуемого количестве до 1 кг на 1 час работы ГПА и относящегося к эксплуатационным затратам как одна из их составляющих. Расходуемая вместо масла электроэнергия в количестве до 3 кВт на 1 час работы системы магнитного подвеса в ценовом исчислении значительно дешевле. Ориентировочные расчеты по потреблению электроэнергии системой смазочного масла в целом (с мощными пусковыми, аварийными и вспомогательными насосами, аппаратами воздушного охлаждения масла и т.п.) составляют на усредненный час работы ГПА от 30 до 60 кВт и которые полностью отсутствуют при использовании системы магнитного подвеса ротора.

Кроме того, снижается металлоемкость газоперекачивающего агрегата, массогабаритные характеристики и в конечном итоге стоимость поставки.

Точный экономический эффект применения газоперекачивающего агрегата типа ГПА-Ц-25НК и его численное выражение требует специальных исследований и расчетов, вместе с тем эксплуатирующий персонал Шеморданского ЛПУМГ, диспетчерская служба

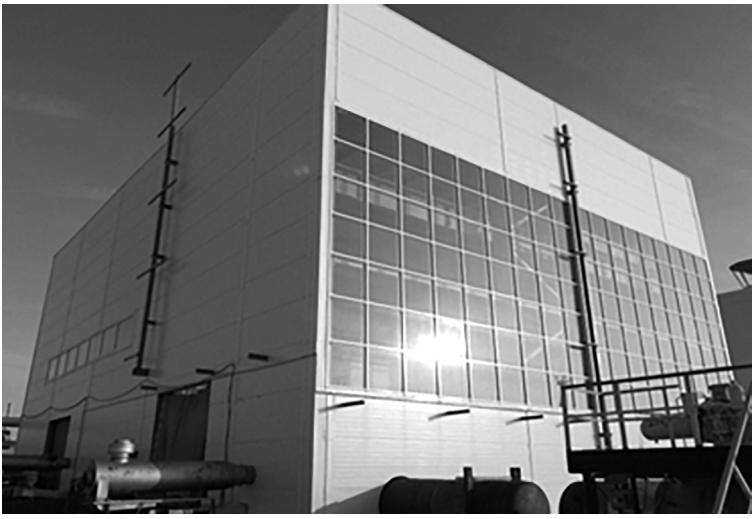


Рис. 3. Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-25НК.Р.С

ООО «Газпром трангаз Казань» и структуры общества, отвечающие за энергосбережение, отмечают очевидную экономию, в первую очередь топливного газа, составляющую до 50 000 нм^3 в сутки.

На указанном примере можно утверждать, что работа по обновлению средств производства ООО «Газпром трансгаз Казань» ведется с преимущественным внедрением энергосберегающего оборудования и технологий в рамках реализации положений Концепции энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Газпром» на период 2011–2020 гг. и Программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Газпром» на период 2014–2016 гг., реализуемых в соответствии с Федеральным законом № 261 и Энергетической стратегией России на период до 2030 года (ЭС-2030).

Стоимость объекта по ССР – 2332,08 млн руб в текущих ценах.

Реконструкция КС включает в себя:

– замену основного и вспомогательного оборудования трёх агрегатов ГПА-25/76 на ГПА-25НК с КМЧ поставки ООО «Самара-Авиагаз» по ТЗ ТКМ-318-10;

– замену АВО масла на аппараты производства ЗАО «ГХТ», г. Москва;

– цеховую систему подготовки пускового газа, БПТГ;

– технологическую обвязку ГПА с применением АРК «Моквелд»;

– цеховые трубопроводы, коммуникации и ЗРА;

– здания и сооружения;

– САУ ГПА, САУ ПО и КЗ, АСУ Э, электротехническое оборудование и сети, ЭХЗ, системы ТВС и К, системы вентиляции, системы пожарной безопасности, системы связи, системы метрологии и учёта газа;

– ИТМ ГО и ЧС.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Демьянова О.А.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF POWER IN RUSSIA

Demyanova O.A.,
Kazan Federal University, Kazan

Аннотация

В статье раскрываются современные направления развития энергетического рынка в мире. Делается вывод о том, что важна оценка энергетического потенциала России, актуальными становятся вопросы проработки методологии оценки способности производственно-инфраструктурных активов страны к освоению новых технологий. Выделены такие направления экономического и энергетического развития, как глубинные трансформации глобального топливно-энергетического баланса, развитие новых секторов народного хозяйства, требующих высокого уровня энергопотребления, изменение архитектуры энергосистем. Представлены особенности развития энергосистемы по двум сценариям.

Annotation

In article the modern directions of development of the energy market in the world reveal. Draws a conclusion that the assessment of an energy potential of Russia is important, actual are questions of study of methodology of an assessment of ability of production and infrastructure assets of the country to development of new technologies. Such directions of economic and power development as the deep transformations of global fuel and energy balance, development of new sectors of a national economy demanding the high level of energy consumption, change of architecture of power supply systems are allocated. Features of development of a power supply system in two scenarios are presented.

Современная энергетическая система мира стоит на пороге нового инвестиционного цикла, означающего переход к новым промышленным системам и новым форматам финансирования. Как известно, основная тенденция перехода к новому технопромышленному укладу связана с кардинальным изменением институциональных условий деятельности людей, в основе которого лежит изменение основного типа собственности. Новый тип уклада связан с формирующимся типом собственности на трансферт, перенос технологий из одной области и использование этих технологий в другой области. Собственность на трансферт и на динамику технологий предполагает развитие института интеллектуальной собственности.

Громыко А.Ю. подчеркивает, что технологический трансферт осуществляется в особой «ауре», окутывающей актив или промышленную платформу, эту ауру образуют не информационные технологии в виде пресловутого IT, а знаньевые технологии, обеспечивающие возможность вычленять технологические решения, основанные на новых физических принципах и эффектах, определять условия их переноса в другие практико-промышленные зоны, именно здесь и будет формироваться 90 % добавленной стоимости [1].

Важно понять основные тренды развития энергетики в мире, оценить энергетический потенциал России на предмет возможности включения в данные тренды, актуальным становится вопрос проработки методологии оценки способности производственно-инфраструктурных активов страны к освоению новых технологий, над созданием которых бьётся весь мир.

К основным трендам развития энергетики в мире можно отнести следующие.

1. Происходят глубинные трансформации глобального топливно-энергетического баланса за счет роста стоимости добычи углеродной энергетики и изменений в структуре источников энергии. К примеру, оценка последствий аварий на АЭС «Фукусима-1» актуализировала проблемы существенного повышения безопасности проектов в этой сфере. Развитие гидроэнергетики столкнется с возникновением конфликтов крупных ГЭС с другими отраслями народного хозяйства, претендующими на водные и земельные ресурсы. Единственный ресурс, для которого прогнозируется снижение цены генерации, это возобновляемые источники энергии.

2. В перспективе к секторам, претендующим на максимальные темпы роста, и с высоким потенциалом спроса на энергоресурсы будут транспортный, жилищный сектор и новая индустрия. По прогнозам МЭА, к 2030 г. потребление энергии транспортом увеличится на 50 %, к 2050 г. – на 80 % от уровня 2008 г. [3], [4].

Основные изменения жилищного сектора будут связаны с ростом уровня потребления энергии домашних хозяйств, связанного с особенностями функционирования жилья, инженерными и транспортными инфраструктурами, спецификой культуры потребления. Среди отраслей производства, демонстрирующих максимальные темпы роста рынков и соответственно спроса на энергию, можно отметить нефтехимию, производство композитных материалов, электронику, сложную электротехнику, роботизированные системы, производства на основе биотехнологий и пр. Именно регионы, специализирующиеся на названных отраслях, потребуют обеспечения энергетической инфраструктурой.

3. Ресурсный баланс становится глобально проектируемым. Мировой топливно-энергетический баланс становится объектом внутренней и внешней политики, управление которым происходит через мощное государственное вмешательство и финансирование расходов [2]. Современная энергетическая стратегия страны должна проектироваться не фрагментарно, а системно и планово. Конкурирующие видения будущего различных секторов энергетики будут претендовать на один и тот же ресурс – частные и государственные инвестиции. Важным становится обеспечение прозрачности максимальной экономической отдачи не только в среднесрочной, но и долгосрочной перспективе.

4. Проявляется новый характер потребления энергоресурсов, который потребует изменить архитектуру энергосистем. Конструкция энергетики в конечном счете будет зависеть от моделей экономического роста крупнейших энергопотребителей. К примеру, Китай претендует на место центра мировой экономической системы, это «атакующий» лидер, а азиатский энергетический рынок является замыкающим, определяющим спрос и цены на большинство ресурсов. Ключевыми центрами потребления станут крупнейшие городские зоны, в которых меняется характер потребления: распространение получает «просьюмерская модель» (соединение производителей и потребителей энергии), проектирование концепций построения «зеленых», энергоэффективных, интеллектуальных и постуглеродных городов.

5. Глобальный характер выстраивания рынков, институциональных систем и инфраструктур. Многие решения институциализируются благодаря международным консенсусам (соглашения G20, ООН и многих других международных организаций).

Общие институциональные и торговые системы, глобализация рынков, финансов и инвестиций подталкивают к объединению энергетических рынков. Наблюдается укрупнение энергосистем, поддержанное общими инфраструктурными проектами (транспортные коридоры, энергокоридоры, газотранспортная инфраструктура и пр.) и сближением правовых режимов.

К экономическим тенденциям развития, которые будут поддерживать вышеназванные тренды, относятся:

– в долгосрочной перспективе будет продолжаться рост численности населения, однако население будет расти неравномерно;

– изменяется география урбанизации и индустриализации: зона максимальных темпов роста городского населения постепенно перемещается из Азии в Африку;

– «пульсирующая» экономическая география: урбанизация по типу «город – город», из средних и малых городов население мигрирует в крупнейшие метрополитенские зоны.

К тенденциям пространственного развития крупнейших городов относят:

– формирование мегарегионов посредством постепенной конвергенции двух или более близко расположенных мегаполисов;

– образование новых крупных коридоров роста, основой которых становится развитие транспортной инфраструктуры, в частности скоростных автомагистралей, авиаузлов, которые приводят к расширению коридоров экономической активности;

– возникновение и развитие метрополий – центров глобальных рынков, генерирующих рост региональной экономики и включенных в глобальные обмены.

К социальным трансформациям, способствующим изменениям в энергосистемах, следует отнести:

– рост благосостояния и изменение социальной структуры населения развивающихся стран;

– формирование в развивающихся странах многочисленного «среднего класса»;

– миграция и мобильность населения.

Возникают две основные модели развития энергетики.

Первая модель – «Энергоэффективность +» [3]. Ключевые параметры этой модели:

– сохранение сложившейся централизованной архитектуры энергетики, преобладание крупных генераторов и мощных, несимметричных сетей (в т.ч. сверхпроводящих);

– новые требования со стороны общества (потребителя): прозрачность цен, возможность выбора поставщика, экологически нейтральный характер производства энергии и большая эффективность потребления ресурсов;

– базовые ресурсы – углеводороды и уголь, ограничением использования которых будут «физическое» их исчерпание и инфраструктурные ограничения;

– рынки энергетических ресурсов будут сформированы по принципу «глобальный ресурс – локальная генерация». Среди наиболее востребованных технологий будут различные энергоэффективные решения;

– технологические лидеры: США, Канада, некоторые страны ЕС, а остальным государствам, в т.ч. России, Индии, Бразилии, Китаю, Мексике, придется осуществлять импорт технологий в объеме, необходимом для получения доступа к собственным недрам или шельфам.

Вторая модель – «Новая парадигма энергетики» [3]. Данная модель имеет следующие основы:

– потребитель получает возможность не только управлять потреблением, но и производством энергии, а также ее поставками;

– «потребитель-производитель» становится полноценным субъектом энергетического рынка;

– используемые технологии потребления-производства должны быть конфигурированы таким образом, чтобы вся производимая энергия сохранялась и могла быть использована (в идеале – 100 % эффективность производства).

К ключевым параметрам наступающего инвестиционного цикла в электроэнергетике относят:

1. Энергетические рынки находятся в начале запуска глобального инвестиционного цикла. В развитых странах будут выводиться из эксплуатации мощности, возраст которых превышает 40 лет. В ближайшие 10 лет этот процесс примет массовый характер. В развивающихся странах – дефицит генерирующих мощностей.

2. Для разных технологических групп тренды в объемах привлечения и источниках инвестиций противоположны.

Традиционная (углеродная) энергетика испытывает серьезные трудности с привлечением средств с открытого рынка: наблюдается дефицит инвестиций в добывающих отраслях, дефицит капиталовложений в традиционную генерацию.

В технологически новых секторах (отрасли возобновляемой энергетики) сформировались зоны притяжения инвестиций с более низкими, чем в традиционной энергетике, «порогами входа» для инвесторов. Наблюдается расширение базы финансирования сектора, появляются новые типы инвесторов.

3. Россия, как и другие индустриально развитые страны, стоит перед необходимостью запуска следующего инвестиционного цикла в энергетике. Статистика Минэнерго РФ показывает сравнительно слабый интерес частных инвесторов к электроэнергетическому бизнесу в России: инвестиции частных энергетических компаний в три раза ниже, чем инвестиции предприятий государственного сектора.

Литература

1. Громыко Ю.В. Что такое кластеры и как их создавать? Эпистемотехнологический подход, http://www.situation.ru/.
2. Зуев В.А. Тенденции развития государственного регулирования электроэнергетики в разных странах и регионах мирового хозяйства // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 8 – С. 35–38.
3. Княгинин В.Н. Итоги российского энергетического форсайта в 2011 году: основные выводы рабочей группы, http://www.csr-nw.ru/.
4. Княгинин В.Н. Основные сценарии для российской энергетики, http://www.csr-nw.ru/
5. Стеркин Ф., Шпигель М. «Невидимой руки» недостаточно //Ведомости, № 1 (2023). – 09.01.2008.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ВОДОЗАЩИТНЫХ ЦЕЛИКОВ В ГИПСОВЫХ РУДНИКАХ ПОВОЛЖЬЯ

Шакуро С.В.,
ООО «ФРОНТ Геология», г. Нижний Новгород,
Боровский М.Я., Богатов В.И., Филимонов В.Н.,
ООО «Геофизсервис», г. Казань

THE APPLICATION OF GPR TO DETERMINE THE POWER OF WATER PILLAR IN GYPSUM MINES IN THE VOLGA REGION

Shakuro S.V.,
LLC «FRONT Geology», N. Novgorod,
Borovskiy M.J., Bogatov V.I., Filimonov V.N.,
LLC «Geophysics service», Kazan

Аннотация

Показана целесообразность применения в сложных горно-геологических условиях гипсово-ангидритовых месторождений георадиолокационных наблюдений. Осуществляется прогнозирование геометрических параметров водозащитных целиков в выработках месторождений нерудного сырья. Полученные результаты могут быть использованы для обоснования эксплуатационных потерь гипса.

Annotation

The expediency of use in difficult mining and geological conditions of the gypsum-anhydrite deposits GPR observations. Is the prediction of geometrical parameters of water pillar in the workings of deposits of non-metallic materials. The obtained results can be used to justify an operating loss of plaster.

Сульфатные породы – гипсы и ангидриты – широко развиты на территории Поволжского региона. Так, к примеру, в Предволжье Республики Татарстан расположены Камско-Устьинское, Сюкеевское и Антоновское месторождения гипса. Месторождения подобного типа характеризуются сложными горно-геологическими условиями, что затрудняет их разработку.

Существенную помощь в прогнозировании особенностей геологического строения и гидрогеологических условий, выявлении факторов, затрудняющих процессы освоения месторождения, оказывают [1, 2, 4, 5, 6] геофизические методы разведки, в частности, георадарные исследования [7].

Ниже приводятся результаты работ методом георадиолокации на одном из гипсово-ангидритовых месторождений Поволжья. Рассматриваемое месторождение представлено тремя продуктивными пластами: I гипсовым, II ангидритовым и III гипсовым, каждый мощностью порядка 10 метров. Пласты залегают горизонтально на глубине до 100 метров. В настоящее время ведётся подземная разработка I и III пластов гипса, преимущественно буро-взрывным способом.

Серьёзные проблемы, возникающие при разработке месторождения, связаны с тем, что оно зажато между двумя водоносными пластами: сверху залегают водообильные казанские карбонатные породы, а в подошве III гипсового пласта – двухметровый слой обводнённых трещиноватых доломитов. Не учтённый при разведке месторождения слабоводоносный доломитовый пропласток, гидравлически связанный с вышележащим водоносным горизонтом, отмечается и в верхней трети I гипсового пласта.

Прорыв воды из разведочной скважины, произошедший при проходке верхнего гипсового пласта, поставил шахту на грань закрытия, а его ликвидация потребовала нескольких лет. Вследствие снижения мощности целика в кровле I пласта, изолирующего слабоводоносный доломитовый пропласток, происходит обрушение кровли разрезных камер (рис. 1). В почве нижнего гипсового пласта периодически возникают водопритоки, связанные в первую очередь с уменьшением мощности водозащитного целика.

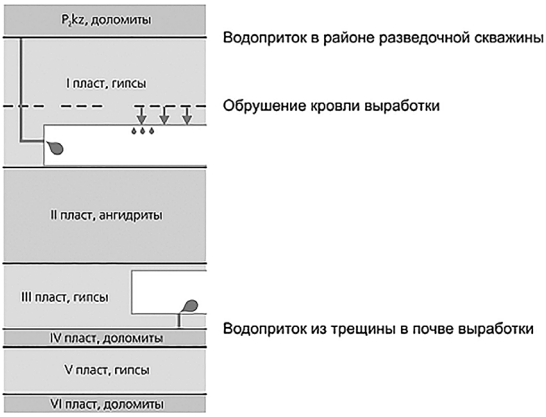


Рис. 1. Угрозы, возникающие в процессе разработки месторождения

Таким образом, на месторождении существует острая необходимость в постоянном контроле над мощностью водоохранных целиков в почве и кровле выработок. При этом в первую очередь востребованы неразрушающие технологии, поскольку последствия вскрытия водоносных пластов разведочными скважинами могут иметь неконтролируемые последствия.

На первом этапе геофизических работ с целью выяснения причин возникновения водопритока в III гипсовом пласте выполнены исследования методами электротомографии и георадиолокации (рис. 2–3). Электрическое зондирование методом сопротивлений, исследующее вариации физических свойств пород, позволило выделить наиболее водообильные интервалы в водоносном пласте, дать количественную оценку степени трещиноватости коллектора, но вопросы о причинах аварии оставались открытыми. По данным георадиолокации кровля водоносного пласта, залегающая на глубине порядка двух метров, оказалась контрастной отражающей границей. По полученным радарограммам построены детальные карты мощности целика и рельефа подошвы гипсового пласта, которые убедительно показали, что прорыв воды произошёл на участке с минимальной мощностью гипса в почве выработки. Снижение мощности водоохранного целика объясняется значительной амплитудой естественной волнистости подошвы гипсового пласта, не выявленной на стадии разведки.

На втором этапе геофизических работ предпринята попытка опережающего контроля. Перед георадиолокацией поставлена задача по определению положения подошвы III гипсового пласта из выработок I горизонта, проходящих над ещё не освоенной толщей. Глубина до целевой отражающей границы составила 15...20 метров. В ходе исследований проведены эксперименты по определению диэлектрической проницаемости пород в естественном залегании; для этого помимо стандартного анализа дифрагированных волн выполнялись наблюдения в наклонных выработках и промеры межкамерных целиков с известной мощностью.

Результаты работ оказались отрицательными (рис. 4). Во-первых, отражающие границы, расположенные между поверхностью, по которой перемещался георадар, и целевым горизонтом, значительно ослабляют зондирующий импульс и приводят к образованию кратных волн, что в большинстве случаев не позволяет идентифицировать искомое отражение. Во-вторых, на основании полученного разброса значений диэлектрической проницаемости сделан вывод, что погрешность определения положения отражающего горизонта, залегающего на глубине 20 метров, может превышать ошибку линейной интерполяции глубины этой границы между разведочными скважинами. В-третьих, и это оказалось неожиданностью, на большинстве радарограмм как мощное отражение на значительной глубине, маскирующее все прочие, была проявлена кровля I гипсового пласта – граница, находящаяся над профилем наблюдения.

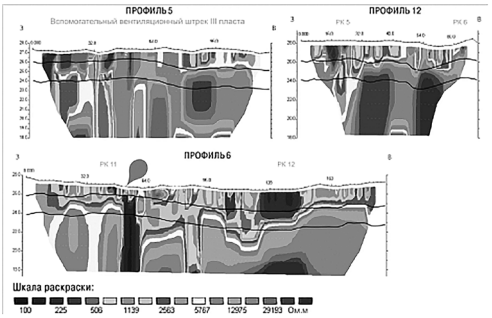


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы по данным электротомографии, выполненной на почве выработок III гипсового пласта. Границы пластов нанесены по данным георадиолокации

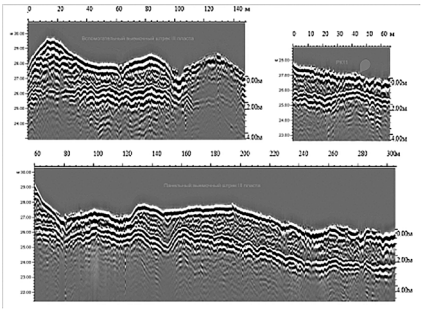


Рис. 3. Радарограммы, записанные на почве выработок III гипсового пласта

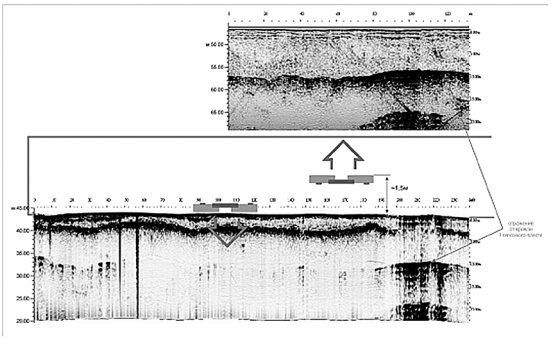


Рис. 4. Вверху – радарограмма, записанная антенной, направленной в потолок выработки. Внизу – радарограмма, записанная антенной, направленной в пол выработки. В правой части обеих радарограмм наблюдается отражающая граница, приуроченная к кровле гипсового пласта, которая находится в 10 метрах над выработкой

Это наблюдение явилось предпосылкой для проведения третьего этапа исследований, в ходе которого изучалась мощность целика в кровле выработок I пласта. Измерения проводились как с прижимом антенны к потолку с помощью специальных штанг, так и с отрывом от него, на разных высотных уровнях. Результаты во всех случаях показали уверенное картирование первой от поверхности отражающей границы даже антеннами с высокой центральной частотой зондирующего импульса.

В настоящее время в шахте проводится периодический контроль мощности водоохранных целиков в кровле выработок I пласта и почве выработок III пласта. Для калибровки шкалы глубин георадара на одном из уклонов оборудован опорный разрез, вскрытый тремя специально пробуренными скважинами (рис. 5). Выполнение калибровки георадара также возможно в камерах, проходящих вблизи разведочных скважин (рис. 6). Здесь положение отражающих горизонтов в разрезе восстанавливается по результатам проходов с антенной, направленной в пол и потолок выработок.

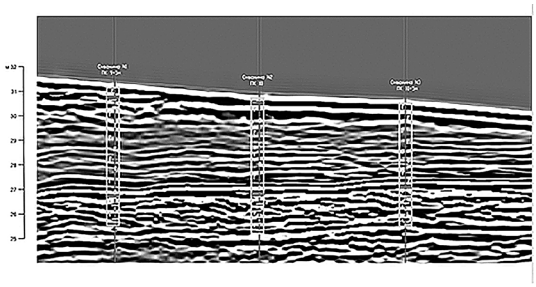


Рис. 5. Калибровка шкалы глубин георадара на опорном разрезе, вскрытом тремя скважинами

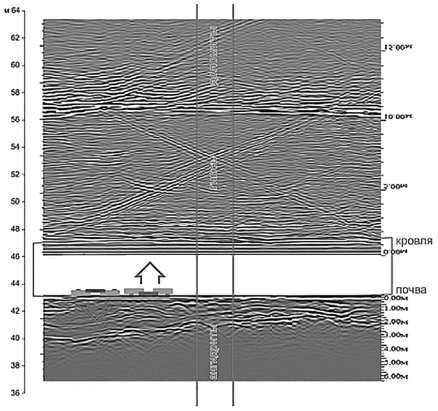


Рис. 6. Калибровка шкалы глубин георадара вблизи ствола разведочной камеры. Радарограммы, полученные с антенной, направленной в пол (внизу) и потолок (вверху) выработки

Опыт применения метода георадиолокации на гипсово-ангидритовых месторождениях свидетельствует об эффективности оперативного контроля мощности остаточных водоохранных целиков и возможности использования полученных результатов для обоснования эксплуатационных потерь гипса.

Литература

1. Боровский М.Я. Геоэкология недр Республики Татарстан: геофизические аспекты / Боровский М.Я., Газеев Н.Х., Нургалиев Д.К.; под ред. Нургалиева Д.К. – Казань: Эко-центр, 1996. – 316 с.
2. Боровский М.Я. Методика и результаты комплексных геофизических исследований оползневых массивов на правобережье реки Волги / Боровский М.Я., Богатов В.И., Ефимов А.А., Ламбев Д.Л., Шакуро С.В., Фахрутдинов Е.Г. // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 39 сессии Международного научного семинара им. Д.Г. Успенского, Воронеж, 30 января – 2 февраля 2012 г. – Воронеж: ВГУ, 2012. – С. 48–49.
3. Кадыров Р.И. Литогенетические особенности Сюкеевского месторождения гипса, Республика Татарстан // Автореф. дисс. к.г.-м.н. / Кадыров Раиль Илгизарович. – Казань: ИГиНГТ КФУ, 2014 – 21 с.
4. Ляховицкий Ф.М Инженерная геофизика / Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Ященко З.Г. – М.: Недра, 1989. – 252 с.
5. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики / Огильви А.А. – М. : Недра, 1990. – 501 с.
6. Слепак З.М. Геофизика для города / Слепак З.М. – Тверь : Изд-во ГЕРС, 2007. – 247 с.
7. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных: учебное пособие / Старовойтов А.В. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 192 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТА

Шамигулова А.М., Ильин О.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

CONDUCTIVITY MEASUREMENT OF AQUEOUS ELECTROLYTE SOLUTIONS

Shamigulova A.M., Ilyin O.V.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

На базе трансформаторного метода разрабатывается бесконтактный кондуктометрический преобразователь для непрерывного контроля качества воды в сетях тепло- и водоснабжения. Создан лабораторный прототип, на котором были спланированы и проведены эксперименты по измерению величины выходного сигнала в зависимости от концентрации исследуемого электролита и частоты питающей сети, был проведен анализ результатов экспериментов.

Annotation

Contactless conductometric transducer for continuous monitoring of water quality in the networks of heat and water-supply is developed on the basis of the transformer method. The labora-tory prototype was created and experiments to measure the magnitude of the output signal depend-ing on the concentration of an electrolyte and of mains frequency were planned and conducted on this installation, an analysis of the results of the experiments was carried.

Снижение энергоэффективности, которое имеет место в сетях тепло- и водоснабжения, оказывается вызванными тем, что не была проведена химводоподготовка должного уровня, способная гарантировать качество воды с необходимыми параметрами. Любая природная вода содержит естественные примеси, которые являются весьма нежелательными, так как вызывают коррозию и отложения. Данные проблемы тесно связаны друг с другом и приводят к снижению теплопередачи, уменьшению срока службы и забиванию оборудования, снижению нагрузки и рентабельности, увеличению стоимости обслуживания и ремонта, увеличению частоты простоев.

Эффективная химводоподготовка позволяет обеспечить бесперебойную работу всей системы, благодаря чему снижается потребность в плановых и аварийных остановках оборудования.

Для управления технологическими процессами водоподготовки зачастую недостаточно периодического измерения параметров, характеризующих их качество, поскольку возможно, что в момент измерения контролируемая величина принимает значение, не угрожающее нормальному ходу процесса, но меняется она настолько быстро, что необходимо принимать меры для предупреждения ее отклонения от допустимых норм путем оперативного вмешательства в технологический процесс. В таких случаях требуются непрерывно действующие автоматические приборы химического контроля, информирующие о качественных показателях технологического процесса либо непрерывно, либо с коротким интервалом времени путем указаний или регистрации значений измеряемой величины.

Функциональная зависимость между электрической проводимостью и концентрацией растворов электролитов обусловила широкое применение кондуктометрии при химическом контроле качества водных растворов. В свою очередь бесконтактная кондуктометрия благодаря своей простоте и надёжности на сегодняшний день является одним из наиболее распространённых и универсальных методов анализа физико-химических свойств смесей, растворов и расплавов жидких и газообразных веществ.

Трансформаторные кондуктометры, как один из видов бесконтактной кондуктометрии, широко используются в нефтехимических, химических, фармацевтических, пищевых и других

отраслях промышленности как для контроля технологических параметров, так и для контроля качества выпускаемой продукции.

В существующей литературе большое внимание уделяется бесконтактным кондуктометрам с индуктивной измерительной ячейкой, однако именно трансформаторные кондуктометры, как частный случай бесконтактных индуктивных кондуктометров, как правило, не рассматриваются.

Разрабатываемый прибор относится к области кондуктометрии и предназначен для измерения электропроводности (ЭП) воды и других электролитов в непрерывном потоке. Он может быть использован при физико-химических исследованиях растворов в лабораторных условиях, а также в качестве первичного преобразователя с выходным сигналом по напряжению в измерительных комплексах непрерывного контроля за режимом работы установок химводоподготовки ТЭЦ, отопительных котельных и в других технологических установках.

Задачей разрабатываемого прибора является:

– обеспечение получения абсолютного и сравнительного значения измеряемой величины;

– повышение точности измерений электропроводности в широком диапазоне концентрации растворов электролита в контролируемом непрерывном потоке за счет повышения чувствительности первого и второго первичных преобразователей.

Достижение поставленных задач достигается тем, что устройство представляет собой трансформаторный преобразователь (ТП), состоящий из двух измерительных каналов (рабочего и сравнительного), генератора сигналов низкой частоты, являющегося общим источником питания каналов измерений и измерительного прибора.

К преимуществам бесконтактного подхода можно отнести следующие факторы:

1) т.к. метод бесконтактный, следовательно, не образовываются отложения (такие как отложения, образовывающиеся на электродах при контактном методе измерения), которые могут привести к появлению погрешности измерения;

2) для определения жесткости в агрессивных средах применяются дорогостоящие электроды, следовательно, бесконтактный метод менее затратный при измерении ЭП в агрессивных средах;

3) возможность изучения процессов в замкнутых объёмах при высоких и низких температурах.

На рис. 1 показана принципиальная схема лабораторного прототипа устройства. Оно также является трансформаторным преобразователем и включает в себя генератор 1 переменного тока, к которому подсоединены параллельно обмотки питающих трансформаторов рабочего (канал I) и сравнительного (канал II) измерительных каналов, а также двухканальный детектор выходного напряжения 22. С целью термостабилизации измерительного процесса приборный блок размещается в термостате. Рабочий (анализируемый) и нормальный (сравнительный) растворы хранятся в двух отдельных резервуарах. Непрерывность водных потоков в жидкостных контурах измерительных каналов I, II и регулирование их скоростей обеспечивается системой двух насосов и манометров. [1]

Рабочий канал I состоит из питающего трансформатора 3, собранного на основе ферромагнитного сердечника с первичной обмоткой 2 и вторичной обмоткой 4, являющейся первичной обмоткой жидкостного контура 5, для которого используется диэлектрическая ПВХ трубка определённого сечения; измерительного трансформатора 7, собранного на основе ферромагнитного сердечника с первичной обмоткой 6 и вторичной проводящей измерительной обмоткой 8; выходного согласующего трансформатора напряжения 10 с первичной проводящей обмоткой 9 и вторичной проводящей обмоткой 11.

Сравнительный канал II имеет аналогичную структуру. Здесь 13, 12, 14 – питающий трансформатор с первичной и вторичной обмотками соответственно; 15 – жидкостной контур; 17, 16, 18 – измерительный трансформатор с первичной и вторичной обмотками соответственно; 20, 19, 21 – выходной согласующий трансформатор напряжения и его первичная и вторичная обмотки соответственно.

Соответствующие компоненты измерительных каналов имеют идентичные технические характеристики.

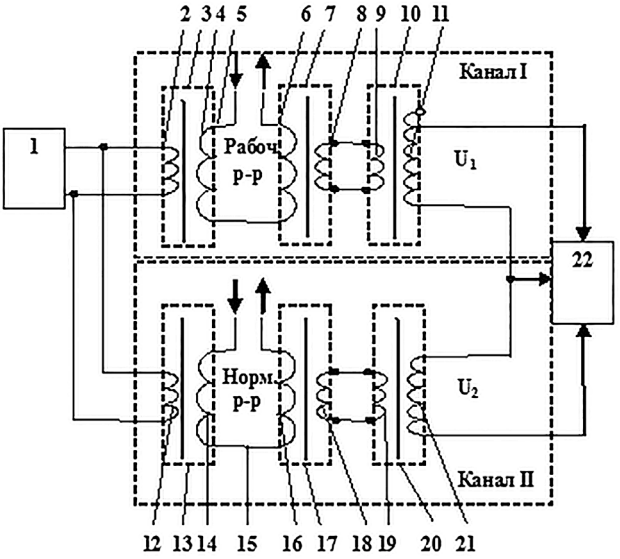


Рис. 1. Принципиальная схема приборного блока лабораторного прототипа бесконтактного двухканального кондуктометрического преобразователя

На основе предложенной функциональной схемы устройства для измерения ЭП растворов электролита в контролируемом непрерывном потоке была собрана экспериментальная установка. На данной установке были спланированы и проведены эксперименты по измерению величины выходного сигнала в зависимости от природы исследуемого электролита, его концентрации и частоты питающей сети.

Поскольку разрабатываемое устройство относится к бесконтактным низкочастотным кондуктометрическим преобразователям, то диапазон изменения частоты питающей сети составил от 2 до 20 кГц, с шагом 1 кГц.

Для проведения эксперимента был дополнительно применен жидкостной термостат ТЖ-ТС-01/12 с целью обеспечения постоянства скорости потока исследуемого электролита и его температуры в жидкостном контуре.

В ходе эксперимента ванну термостата наполняли 10 литрами обессоленной воды (исходная вода), затем проводились замеры электропроводности при разной частоте питающей сети с целью определения её качества и значений выходного сигнала до добавления различных концентраций рассматриваемой соли.

Программой экспериментов были исследованы водные растворы NaCl с концентрацией начиная от 1,25 мг/л с последовательным увеличением концентрации до 10 мг/л.

На рис. 2 показаны графики амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в случае, когда проводящая среда является водным раствором NaCl различных концентраций и находится в состоянии покоя в жидкостном контуре. Здесь шаг по частоте переменного напряжения питающей сети составляет 1кГц, а разрешающая способность измерительного процесса с помощью кондуктометрического преобразователя равна 0,01 мВ.

Анализ показывает, что каждая кривая $f_{эi}(\omega)$ имеет участок в частотном диапазоне $2 \leq \omega \leq 5$ кГц, который можно аппроксимировать линейной зависимостью.

Итак, в данной работе мы рассмотрели подход, позволяющий оптимизировать процесс нахождения проводимости водного раствора в циркулирующих системах тепло-, водоподготовки и водоочистки с помощью бесконтактного двухканального трансформаторного преобразователя. Для этих целей мы провели измерения и анализ частотной зависимости

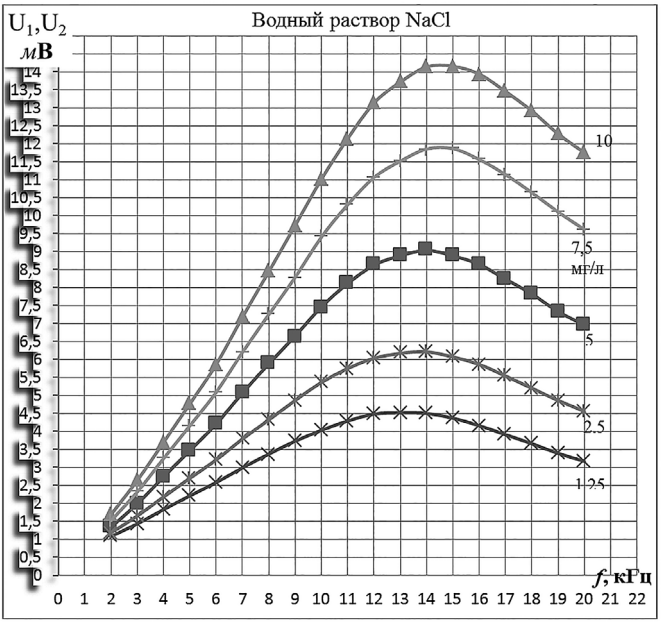


Рис. 2. Графики АЧХ водного раствора NaCl

сигнала выходного напряжения для эталонных водных растворов и выявили определённые закономерности, приводящие к повышению точности предлагаемого метода, связанные с линейным режимом работы ТП.

Литература

1. Пат. № 2519495. РФ. МПК G01N 27/06. Способ измерения электропроводности раствора электролита. / Савинов В.И., Ильин В. К., Ильин О. В. – Опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16. – 13 с.
2. Живилова Л.М., Ефимов Г.В., Максимов В.В. Автоматизация водоподготовительных установок тепловых электростанций. М.: Энергия, 1976. 216 с.
3. Лопатин Б.А. Кондуктометрия. Новосибирск, 1969. 278 с.
4. Живилова Л.М., Маркин Г.П. Автоматический химический контроль теплоносителя ТЭС. Москва: Энергоатомиздат, 1987. 112 с.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКА ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Антипина О.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

PSYCHOLOGICAL PECULIARITIES OF THE STRUCTURE AND BEHAVIOR OF A TEENAGER ON INTERACTION WITH ENERGY POTENTIAL

Antipina O.V.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В работе представлен краткий анализ исследований, связанных с поведением по взаимодействию с энергетическим потенциалом планеты. Выделены уровни рассмотрения проблемы расходования энергии. Построена психологическая структура взаимодействия подростка с энергоресурсами. Определены факторы, способствующие оптимальному использованию энергоресурсов.

Annotation

The paper presents a brief analysis of the research connected with behavior on interaction with the energy potential of the planet. Levels address the problem of energy consumption. Constructed psychological structure for interaction with energy of a teenager. Identified factors contributing to optimal use of energy.

Решение проблемы энергосбережения предполагает применение комплекса мер в различных сферах: политической, экономической, экологической, научно-технической, производственной, социальной и других, направленных на создание системы отношений, удовлетворяющей современной экологической и экономической ситуации в сфере энергопотребления.

Анализ доступных исследований показал, что в психологических исследованиях проблема энергопотребления не ставилась. В различных отраслях психологии можно обнаружить ряд вопросов, косвенно связанных с поведением человека по взаимодействию с энергетическим потенциалом планеты. Социокультурный подход к экономико-психологическим проблемам потребления представлен в работах И.В. Андреевой, А.В. Филиппова, С.В. Ковалёва, О.С. Елкиной [1, 8]. Определенные разделы экономической психологии предоставляют информацию о поведении потребителя (О.С. Дейнека, П. Лунт, Э. Фурнам, С. Ливингстоун), влиянии социальных факторов на экономическую социализацию детей (Лейзер, Ролан-Леви) [7,11]. Зарубежными психологами установлены корреляции между финансовыми, социальными и психологическими переменными как предикторами сберегающего поведения (Lindqvist, 1981, Lunt, Livingstone, 1992). Экологическая психология предоставляет материал по взаимодействию человека с природными ресурсами: изучение экологического поведения (А.А. Калмыков, В.И. Панов), проблемы психологии экологического сознания, особенностей восприятия природных объектов (С.Д. Дерябо), особенности принятия решений в эколого-экономических системах (В.А. Горелик, А.Ф. Кононенко), коррекция отношений к природе (В.А. Ясвин, С.Д. Дерябо), исследование экологического сознания старших школьников (В.И. Зараковский, Н.А. Медведев, Г.М. Полестерова), средства экологического образования старшеклассника (И.М. Печерский), проблема типологии субъективного отношения к природе (А.Н. Захлебный, И.Д. Зверев, И.Т. Суравегина), экологические ценности социума и условия и особенности формирования экологически устойчивого образа жизни (Т.В. Иванова, А.В. Мозговая) [6, 13].

Подросток обладает специфическими особенностями, которые позволяют говорить о своеобразии развития поведения на этом этапе (Д.И. Фельдштейн, Ф. Райс, М. Кле,

И.С. Кон, М.Ю. Кондратьев, А.С. Кравченко, К.М. Гуревич, Т.М. Сидорова, А.Н. Макарова и др.). Исследователи отмечают, что именно подростковый период характеризуется как сенситивный в плане развития самостоятельности, независимости мышления. Уровень развития познавательной сферы определяет характер отношения к объектам взаимодействия, в т.ч. энергетическим ресурсам, и степень сформированности и структуру когнитивного компонента поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом [1, 4, 6].

Целеориентированность поведения подростка по взаимодействию с энергией опосредована представлением конечного результата взаимодействия, что предполагает достаточную степень осведомленности в сфере энергетики, знание элементарных понятий, а также очевидных способов рационального использования энергоресурсов. Кроме того, сфера энергетики тесно связана и подчинена действию экономического фактора (В.В. Литвак, В.А. Силач, М.И. Яворский), поэтому представление об экономическом эквиваленте энергии играет решающую роль в процессе использования природных ресурсов [10].

Видно, что исследователи уделяли внимание проблемам экономического и экологического развития подростка, вместе с тем за рамками исследований оставалось изучение поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом. Целью исследования стало изучение психологических особенностей взаимодействия детей старшего школьного возраста с энергетическим потенциалом, определение его структурных компонентов, связи между ними и выявление факторов, детерминирующих специфику энергосберегающего поведения.

Взаимодействие субъекта деятельности с энергоресурсами в общем виде может быть описано схемой «энергетика – экономика – природа – общество – культура – человек», в связи с этим представляется важным рассмотрение индивидуума во всем многообразии связей с окружающим миром.

Исходя из фундаментального положения о ведущей роли бытия по отношению к сознанию, теории отражения, выделено 2 уровня рассмотрения проблемы: объектный и субъектный. Оптимизация процесса потребления энергии невозможна без учета специфики их взаимодействия. Объектный реализуется в данном случае посредством сфер: техносфера, уровень её развития является определяющим по отношению к культуре, экономическая, экологическая и политическая составляющая порядка общественного устройства, представлен двумя подуровнями: «макро» и «мезо». Субъектный является отражением и замыкает в себе проявления свойств и качеств личности, которые репрезентируются в сферу объективного, имеет 1 подуровень «микро» и 3 компонента: аффективный, гностический, практический. Механизм взаимопроникновения основных уровней может быть описан в терминах интерио-экстериоризации. Изучение механизмов взаимопроникновения является ключевым для понимания причин неэффективности использования энергоресурсов.

«Макроуровень» выступает как совокупность сфер: энергетической, экономической, экологической. Формирование установок энергосберегающего и «энерготранжирящего» характера, бессознательного компонента в поведении человека, мировоззрения, общего отношения к проблеме энергоресурсопотребления происходит в рамках, определенных в первую очередь макрофакторами. «Макроуровень» содержит внешнюю мотивацию, обнаруживает специфические механизмы влияния: тарифная, инвестиционная, законодательная политика, что предполагает формирование финансово-экономических рычагов воздействия, проведение пропаганды, идеологической работы и некоторых других форм, обращенных к системе «макро».

Уровень «мезо» представляет собой социокультурную составляющую процесса, рассматривает процесс приобщения подростка к нормативно-ценностной и экономической культуре, процесс экономической адаптации россиян, приобретение соответствующих знаний, умений, навыков, а также надындивидуальные подсознательные явления – усвоенные субъектом типичные для данной группы образцы поведения и познания. Данные образцы, усваиваясь через механизмы социализации, определяют социально-типичные особенности поведения человека. Социализация осуществляется в ходе деятельности, которая в подростковом возрасте, по мнению таких ученых, как В.Г. Ананьев, Л.С. Выготский, Д.Б. Эльконин и других, включает в себя две стороны: предметную и социальную. Важную

роль в социализации индивида Н. Смелзер отводит образованию. Использование такого подхода представляется важным в связи с учетом ведущего вида деятельности объекта исследования. «Технократическое» толкование процесса социализации (Г.П. Щедровицкий) подводит к техническим факторам, указанным выше как макрофакторы, к формированию бессознательного компонента в поведении, обслуживающего взаимодействие человека с приборной базой сферы энергетики.

Механизмы становления личности разделены на группы с учетом того, кто выступает субъектом их использования – сам индивид или его окружение (Л.С. Выготский). Положение подростков, их жизненные ценности и ориентации во многом связаны с общим состоянием общества: экономическими и политическими реформами, условиями жизнедеятельности семьи и школы. Общество на данном этапе не является активным проводником знаний, умений и навыков по означенной области. Социально-экономический, экологический кризис сферы энергопотребления подростки воспринимают как реальность, к которой надо приспосабливаться [2]. Экономико-психологическая адаптированность подростка в сфере взаимодействия с энергоресурсами является неизученной, но чрезвычайно важной для понимания причин энерготранжирящего поведения. Овладение нормативной культурой энергосбережения является важной составляющей в формировании рациональной позиции пользователя, предполагает «интериоризацию» права, такой уровень его включенности в индивидуальное сознание, при котором человек автоматически действует в созданном обществом дисциплинарном пространстве. Такое пространство формируется в процессе воспитания в семье, школе, конкретной деятельности (Л.И. Божович). Оно достаточно отдаленно связано со знанием законов и может быть никак не связано со следованием законодательным нормам энергосбережения.

Различные институты и агенты социализации (семья, средства массовой коммуникации, сверстники, система образования и др.) начинают воздействовать на человека в различные периоды его жизни с неодинаковой интенсивностью и в большинстве случаев достаточно противоречиво, что особенно ощутимо именно в подростковый период (М.Ю. Кондратьев, К.Н. Поливанова). Непоследовательность и слабая преемственность на уровне основных институтов социализации, особенности социальной ситуации развития, специфика воспитательно-образовательного процесса обусловили актуальный способ взаимодействия с энергетическим потенциалом планеты [9]. Выработка индивидуальных способов самоорганизации во взаимоотношении с окружающей средой включена в длительный процесс формирования социально-психологической, экономической и творческой зрелости человека.

Процесс социализации индивида протекает в двух направлениях: становление человека как личности и становление человека как субъекта деятельности (Б.Г. Ананьев). Конечным итогом такой социализации является образование индивидуальности, которая рассматривается на «микроуровне» и подводит к изучению взаимодействия индивидуальности с энергетическим потенциалом окружающего и собственно психологических механизмов. Выделено 3 компонента поведения: аффективный, гностический, практический, в целом характеризующие объект исследования (В.А. Ядов). «Макро» и «мезо» уровни находят отражение в каждом из компонентов «микроуровня», во многом обуславливая сложившуюся ситуацию. Аффективный компонент определяет способ восприятия действительности. Через призму гностического компонента представлена система знаний человека о процессах, связанных с энергоресурсопотреблением. Обращаясь к практическому компоненту «микроуровня», обобщены структурные константы аффективного и гностического в деятельности по взаимодействию с энергоресурсами окружающего. Данный компонент включает сознательную (волевую) и безсознательную регуляцию поведения подростка, установки энергосберегающего и энерготранжирящего характера, а также соответствующие умения и навыки.

Респондентами являлись учащиеся девятых и десятых классов. Обследовано три выборки испытуемых:

– учащиеся общеобразовательной школы 9 и 10 классов;

– учащиеся общеобразовательной школы технического направления 9 и 10 классов;

– учащиеся общей общеобразовательной сельской школы 9 и 10 классов.

Количество респондентов по каждой выборке составило 50 человек.

Анализ проблемы на уровне «макро» позволил сделать выводы:

– рассматриваемый информационный поток содержит достоверную информацию теоретического (школьные учебники) и узкоспециального (периодические печатные издания) характера;

– информация, получаемая через средства массовой информации, формирует напряженный психологический фон по проблеме, имеет косвенное отношение к сбережению энергии и апеллирует к установкам, имеющим, скорее, эмоциональную основу;

– в СМИ не представлена информация об очевидных способах сбережения энергии.

На основании полученных данных можно констатировать недостаточность полноценной информации о сфере энергосбережения на «макроуровне». Когнитивная сфера поведения подростка пополняется знаниями об оптимальных способах взаимодействия с энергией исключительно теоретического характера, следовательно, не формирует умения и навыки в сфере энергосбережения (практический компонент поведения), частичное обращение к аффективному компоненту закрепляет установки негативного характера, что в свою очередь экстенсифицирует формирование практического компонента поведения на «микроуровне» рассмотрения проблемы потребления энергии.

Анализ проблемы на уровне «мезо» показал: значительное количество экспертов (65 %) указывают на внимательность как важное качество личности школьника, определяющее его бережное отношение к расходуемой энергии. 40 % респондентов полагают, что важную роль в процессе сбережения энергии играют такие качества, как самостоятельность, организованность и развитые познавательные способности. 32 % опрошенных указывают на бережливость (расчетливость, экономность и т.д.). Незначительное количество принимают во внимание значение для сбережения энергии таких личностных качеств, как ответственность (10 %) и любовь к природе (23 %). Анализ результатов соответственно категориям экспертов выявил: учителя средней школы системообразующими качествами считают самостоятельность подростка. Только данная группа экспертов выделяет познавательные способности учащихся (ум, знания, любознательность и т.д.) в качестве значимых для рационального использования энергоресурсов, что говорит о влиянии профессиональной сферы деятельности, существовании определенной системы ожиданий. В отличие от педагогов сотрудники организации по энергосбережению определяют в качестве таковых организованность (пунктуальность), внимательность и аккуратность учащихся, т.е. выделяют качества мотивационно-волевого блока личности. Студенты – единственная категория экспертов, которая наряду с внимательностью и аккуратностью в качестве основной выделяет «экономическую» характеристику личности подростка – бережливость (хозяйственность, жадность, расчетливость, экономность и т.д.) и отдает ей приоритетное значение для процесса сбережения энергии в целом.

Таким образом, восприятие экспертами личности «энергоэффективного старшеклассника» определенным образом обнаруживает существование ряда стереотипов на данном уровне, обусловлено действием механизмов социализации. Качества, выделенные разными категориями экспертов, характеризуют личность подростка с экономической точки зрения и предполагают рассмотрение его поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом окружающего как поведение «экономического человека», характеризующегося четкой целеориентированностью, итогом деятельности которой является получение выгоды, дохода [1].

Выделены факторы, способствующие оптимальному использованию энергоресурсов в быту: повышение платы за коммунальные услуги (рост тарифов); энергетический кризис; низкий достаток в семье; высокий достаток в семье; уровень образования родителей; условия проживания (благоустроенность квартиры, района, подъезда, количество детей и т.д.); возможность бывать на природе, без удобств (наличие дачи, дома в деревне и т.д.). Эксперты указывают на определяющее значение экономического стимула: с одной стороны это «повышение платы за коммунальные услуги» (99 %), с другой – «материальные трудности в семье». 42 % опрошенных принимают во внимание угрозу экологического или энергетического кри-

зиса как фактора, регулирующего поведение подростка. Видно, что в данные ответы содержат ссылку на приоритетное значение «макро» факторов в регуляции взаимодействия подростка с энергетическим потенциалом. Значительная часть респондентов полагает, что важную роль в процессе сбережения энергии играют факторы ближайшего окружения: благоустроенность района, квартиры, подъезда: чистота, порядок, наличие еврокранов, стеклопакетов в квартире и т.д. 26 % экспертов указывают на уровень образования родителей как некоторого потенциала энергосберегающих умений и навыков в будущем. Тут явно видна опосредованность энергосберегающего поведения подростка действием факторов «мезо» уровня.

На основании анализа структурных констант «мезо» уровня сделаны выводы: существуют две различные предрасположенности (предпозиции в отношении) к сбережению энергии.

Первая характеризуется относительно скромными условиями быта индивида (престижность и благоустроенность района проживания), финансовыми возможностями семьи, сравнительно большим количеством членов семьи, в том числе детей, поживающих вместе, с одной стороны; четкой определенностью сферы интересов, направленностью на получение высшего образования, а также выраженным стремлением подростка к самостоятельности, зарабатыванию и накоплению денег, хорошей информированностью о ценах на товары первой необходимости, наличием необходимого опыта обращения с деньгами.

Вторая предпозиция в отношении к сбережению энергии характеризует объект исследования как имеющего хорошие или очень хорошие условиях быта (наличие еврокранов, средств для оплаты неограниченного количества потребляемой энергии, возможности бывать за границей, престижность работы родителей, т.д.), отсутствие выраженного интереса к тому, из чего складывается семейный бюджет, а также низкий уровень экономической самостоятельности. Часто является единственным ребенком в семье.

Уровень экономической самостоятельности, обуславливающий рациональный подход к потреблению энергии, выше у испытуемых, проживающих в условиях сельской местности (91 %), что можно объяснить менее опосредованным (в отличие от городских жителей – 58 %) участием подростка, проживающего в сельской местности, в экономической жизни семьи, села; их большей приобщенностью к практической деятельности, свободой действия (в т.ч. экономической), относительно более ранней самостоятельностью [3].

Таким образом, существует общая социальная предрасположенность к взаимодействию с энергией, определяющая регулирующее воздействие «мезо» уровня на поведение подростка по взаимодействию с энергетическим потенциалом.

Изучение когнитивного компонента поведения школьника показало наличие своеобразия в представлении старших школьников об энергосбережении. Большая часть респондентов имеет общее представление об энергосбережении (95 %). Наибольшее количество респондентов, понимающих энергосбережение как «модернизацию оборудования с целью уменьшения энергетических потерь», являются респондентами 2 выборки (учащиеся общеобразовательной школы технического направления). Специфика и сравнительный объем знаний, получаемый ими по предметам физико-математического цикла, а также опыт взаимодействия с техносферой отличает их от испытуемых 1 и 3 выборок, позволяет им лучше ориентироваться в перспективах развития энергосбережения в данном направлении. Определяют энергосбережение как «реализацию правовых, организационных, научных, технических мер, направленных на эффективное использование ресурсов» в основном респонденты 1 и 2 выборок (10,3 % и 7,1 %) и в гораздо меньшей степени 3 выборки. Таким образом, городские испытуемые ориентированы в процессе взаимодействия с энергетическим потенциалом на действия социально-экономических, правовых, технических служб и скорее экстернальны в своих действиях (имеют внешний локус контроля), сельские испытуемые полагают себя ответственными за происходящее (преобладание внутреннего локуса контроля), т.е. скорее интернальны в своем отношении к процессу взаимодействия с энергетическим потенциалом. 28 % учащихся понимают под энергосбережением «полезное использование (утилизацию) энергетических отходов»; 19 % респондентов полагают сбережение энергии важной частью по спасению окружающей среды. Подавляющий процент отметивших данный

вариант являются городскими жителями первой и частично второй выборки. Такой факт прослеживается четко и в результатах изучения аффективного компонента поведения. Эти испытуемые сталкиваются с примерами отрицательного влияния на природу деятельности человека каждодневно (загрязнение рек, токсичные выбросы в воздух, замусоривание улиц, подъездов и т. д.) в сравнительно большем объеме. При этом энергосбережение как «борьбу с бесхозяйственностью» понимают лишь 8 % опрошенных, данный ответ приходится полностью на жителей сельской местности. Т.е. городские школьники в процессе взаимодействия с энергией не усматривают важности в изменении собственной деятельности по ведению хозяйства как вклад в сбережение. «Отключение неплатёжеспособных потребителей» как мера воздействия на поведение пользователей является экстенсивной с точки зрения научно-технического прогресса, и тем не менее её принимают во внимание в среднем 4 % опрошенных. В нашем случае очевидна связь энергосбережения с экономическим эквивалентом энергии. Для «экономически эффективного человека» характерен внутренний локус контроля [1].

Диагностика теоретических знаний показала хорошее знание основных понятий сферы энергетики. Получаемые в ходе обучения, они составляют теоретическую подготовку школьника к сбережению энергии, являются основой функционирования всей структуры поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом окружающего. С другой стороны, практические знания, умения, навыки реального сбережения энергии не сформированы. Разрыв между теоретическим и практическим компонентами в содержании образования определяет направление педагогической работы по формированию практического компонента поведения.

Отмечена связь когнитивного и аффективного компонентов поведения: испытуемые не знают, но занижают реальную (коммерческую) стоимость воды, проецируя соответственно определенное отношение к воде как ценному энергетическому ресурсу. Аналогичная картина складывается по определению стоимости электрической энергии, однако большинство испытуемых (40 %), в отличие от оценки стоимости воды, завысили её реальную цену. Т.о. субъективная ценность электрической энергии выше ценности воды. Это может быть связано с регулирующей функцией «объектных» установок (Д.Н. Узнадзе), т.к. опосредовано наличием счетчиков электрической энергии и отсутствием расходомера воды в квартире рядового пользователя. В целом экономический эквивалент энергосбережения плохо представлен в структуре знаний испытуемых.

По результатам изучения когнитивного компонента сделаны выводы:

– современный старший школьник имеет хорошую теоретическую подготовку, владеет основными понятиями, закономерностями области энергетики;

– существует специфика в представлении о понятии «энергосбережение» старших школьников, проживающих в городской и сельской местности;

– отмечена позитивная динамика в представлении об энергосбережении младших и старших школьников;

– несмотря на активную экономическую социализацию подростка, старший школьник имеет скудные знания в области экономии энергии. Имеет место «экономическая дезадаптация» подростка в сфере энергосбережения, преодоление которой формирует рациональный подход к экономическим и энергетическим ресурсам.

Выводы

1. Отсутствие нормативно-правовой и законодательной основы на «макроуровне» является причиной отсутствия четкого контроля деятельности, направленной на потребление энергии, положительного и последовательного подкрепления желаемого поведения, что в свою очередь накладывает отпечаток на формирование соответствующих ценностных ориентаций, препятствует развитию адекватной направленности личности, становлению энергосберегающего мировоззрения.

2. Существует общая социальная предрасположенность к взаимодействию с энергией и регулирующий потенциал на «мезоуровне».

3. Структура поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом на «микроуровне» представлена когнитивным, аффективным и практическим компонентами. Системообразующим в старшем школьном возрасте является аффективный компонент.

4. Изучение когнитивного, аффективного и поведенческого компонентов поведения старшего школьника по взаимодействию с энергетическим потенциалом возможно при помощи сконструированной в исследовании модели диагностики.

5. Диагностика когнитивного компонента поведения позволила выявить исключительность теоретической подготовки школьника к сбережению энергии, что обеспечивает стабильность функционирования всей структуры поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом окружающего. Практические знания, умения, навыки реального сбережения энергии у старшего школьника сформированы недостаточно. Наличие знаний о каком-либо энергетическом ресурсе не обуславливает появления рациональной позиции пользователя. Представления об экономическом эквиваленте энергии выражены слабо, имеют связь с выполнением энергосберегающих действий.

6. Развитие аффективного компонента обусловлено действием стимулов сбережения энергии, а также субъективным представлением о критичности положения в сфере энергопотребления. Мотивы поведения по взаимодействию с энергетическим потенциалом старшего школьника классифицируются следующим образом: экономический мотив, мотив безопасности, группа социальных мотивов, собственно энергосберегающий, экологический мотив.

7. Поведенческий компонент представлен двумя группами действий – направленными и ненаправленными на рациональное использование энергоресурсов. В иерархически упорядоченной поведенческой подсистеме диспозиций доминирующим является первый (низший) уровень. Данные по выборкам различаются незначительно. Активность подростка опосредована установками энерготранжирящего характера.

8. Особенности личности субъекта взаимодействия: рациональный, эмоциональный типы оказывают влияние на особенности взаимодействия с энергетическим потенциалом.

9. Построение воспитательно-образовательного процесса на основании принципов в соответствии с приведенными рекомендациями и использованием предложенных учебно-методических материалов способствует формированию энергосберегающего поведения подростка.

Таким образом, социализация подростка в сфере энергопотребления предполагает процесс и результат усвоения индивидом опыта сбережения энергии: знаний, умений, навыков, формирование социальных норм, ролей и функций, ретрансляцию опыта общественного отношения к проблемам потребления. Анализ психологических причин неэффективности планов и программ энергосбережения проведен в работах В.В. Литвака, В.А. Силач, М.И. Яворского [10]. Существует необходимость изучения влияния меняющихся социально-экономических условий на процесс становления поведения подростка по взаимодействию с энергетическим потенциалом.

Литература

1. Андреева Г.М. Социальная психология. 2-е изд., доп. и перераб. – М., 1988. 316 с.
2. Брушлинский А.В. Психология субъекта в изменяющемся обществе // Психол. журнал. № 6. т. 17. 1996. С. 24.
3. Буренина Ю.С. Влияние денег на процесс социализации современного подростка. // Дис. на соиск. уч. степ. канд. псих. наук. – СПб, 2000.
4. Весна Е.Б. Развитие взаимоотношений с миром как определяющее условие личностного становления подростка. // Дис. на соиск. уч.степ. канд. псих. наук. М., 1991.
5. Гаврилин А.И., Косяков С.А., Литвак В.В., Лукутин Б.В., Силич В.А., Яворский М.И. Азбука энергосбережения. – Томск, 2001. 219 с.
6. Гулякина В.В. Групповые нормы и ценности как фактор самоопределения личности старшеклассника. // Дис. на соиск. уч. степ. канд. псих. наук. Орел, 2000.

7. Дейнека О.С. Экономическая психология: Учеб. пособие. СПб. СПбУ, 2000.
8. Елкина О.С. Поведение человека: специфика влияния социальной и экономической сфер. // Изв. Акад. труда и занятости. 1999. № 3/4. С. 14–46.
9. Жуков Ю.М. Ценности как детерминанты принятия решения. Социально-психологический подход к проблеме. /в кн.: Психологические проблемы социальной регуляции поведения. М., 1976. С. 34–67.
10. Литвак В.В., Силач В.А., Яворский М.И. Региональный вектор энергосбережения. / Томск: 8ТТ, 2001. 118 с.
11. Лунт П. Психологические подходы к потреблению: вчера, сегодня, завтра // Иностранная психология, 2000, № 9.
12. Мозговая А.В. Последствия бедствий и катастроф: социально-управленческий аспект // Россия – трансформирующееся общество / Под редакцией Ядова В.А. – М.: Издательство «КАНОН-пресс-Ц», 2001.
13. Нийт Т., Хейдметс М., Круусвалл Ю. Социально-психологические основы средообразования. Таллинн, 1985.
14. Ajzen, I. & Fishbein, M. Understanding attitudes and predicting social behavior. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall 1980.
15. Tversky A., Kahneman D. The framing of decisions and the psychology of choice, 1981.

РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОНТАКТНЫМ ТЕПЛООБМЕНОМ

Хамидуллин Р.Н.,
ООО «НПО Пылеочистка»,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный технологический исследовательский университет»,
г. Казань

HEAT RECOVERY OF FLUE GAS HEAT EXCHANGE CONTACT

Khamidullin R.N,
«NPO Pyleochistka»,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Описывается технология рекуперации тепла дымовых газов контактным теплообменом для нагрева отходящими дымовыми газами ранее накопленного собственного конденсата до температур точки росы. Съем тепла с дымовых газов через поверхностные теплообменники конденсат-вода для нагрева исходной воды или другого теплоносителя. Приводятся результаты эксперимента и технологическая схема системы рекуперации, ее описание и характеристики на примере выработки пара за счет сжигания природного газа. Дополнительно к рекуперации тепла дымовые газы очищаются и охлаждаются.

Annotation

Describes a technique for flue gas heat recovery heat exchange contact for heating flue gases previously accumulated own condensate to the dew point temperature. Removal of heat from the flue gases through the condensate-surface heat exchangers for heating water or other source water coolant. The results of the experiment and flowsheet recovery system, its description and characteristics of the example of the production of steam by burning natural gas. In addition to the heat recovery flue gases are cleaned and cooled.

Введение

В настоящее время руководители производственных предприятий и контролирующие органы ставят задачу рационального использования имеющихся энергоресурсов и оптимизации энергобаланса за счет модернизации производств современными техническими решениями. Важным фактором снижения потребления энергоресурсов является снижение количества выбросов двуокиси углерода, оказывающее заметное влияние на глобальные изменения.

В условиях растущих цен на энергоносители многие промышленные предприятия, ранее не уделявшие должного внимания вопросам экономии энергии, теперь принимают активные действия в этом направлении. Некоторые из них более инертны по сравнению с другими, некоторые не обладают достаточными знаниями в области утилизации тепла.

Существующие системы рекуперации тепла [1] основаны на использовании поверхностных рекуперативных теплообменников. Главным преимуществом подобных решений является простая схема процесса и возможность нагрева целевого теплоносителя до высоких значений температур. Главным сдерживающим фактором внедрения настоящих систем рекуперации является металлоемкость оборудования, высокая стоимость всей системы в целом и большие габариты в результате низкого значения коэффициента теплопередачи [2]. Срок окупаемости данных систем составляет несколько лет и не стимулируется экономическими показателями. Внедрение подобных технических решений для рекуперации тепла дымовых газов носит характер энтузиазма некоторых руководителей.

Снизить капитальные затраты на систему рекуперации и соответственно срок окупаемости и ощутить экономическую выгоду могут современные решения, основанные на высокоэффективном контактном теплообмене.

Описание технологии рекуперации тепла контактным теплообменом

Суть технического решения заключается в непосредственном контакте горячего газа с охлажденной жидкостью. Принципиальным отличием настоящей технологии является использование в качестве охлаждающей жидкости собственного конденсата, который образуется в процессе охлаждения, что исключает использование расходных жидкостей [3]. Конденсат, образующийся в процессе охлаждения влажных газов, накапливается, отдает полученное тепло целевому теплоносителю и вновь возвращается в процесс. Технологическая схема процесса рекуперации тепла представлена на рисунке 1.

Применение жидкости в качестве теплообменной поверхности позволяет значительно увеличить поверхность и эффективность взаимодействия теплоносителей.

Конденсат является абсорбентом для физической абсорбции других газовых примесей, что позволяет извлекать из очищаемого газового потока компоненты, точка росы (или температура конденсации) которых значительно ниже температуры проведения процесса. Данный процесс ускоряется дополнительно тем, что при низких температурах коэффицент распределения по закону Генри, характеризующий содержание поглощенного компонента в жидкости с равновесной его концентрацией в газе, снижается, что способствует увеличению количества поглощенного компонента в жидкости [4].

В качестве целевого теплоносителя может выступать исходная холодная вода при производстве пара и горячей воды на котельных, холодный, сухой воздух для обогрева и увлажнения бытовых или производственных помещений и т.д.

Процесс охлаждения газов прямым контактом с жидкостью был экспериментально изучен на модельной установке в системе воздух-вода. Схема установки представлена на рисунке 2. Свойства влажного воздуха представлены в таблице 1.

По результатам исследования можно определить нагрев жидкости влажным газом и снижение энтальпии газового потока.

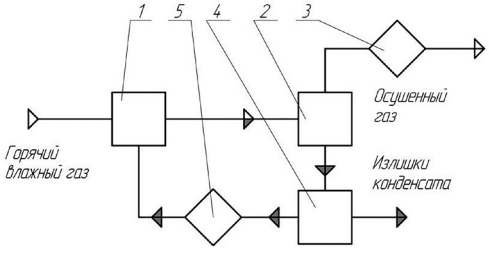


Рис. 1. Технологическая схема:
1 – смеситель, 2 – сепаратор, 3 – подогреватель, 4 – емкость, 5 – утилизатор тепла

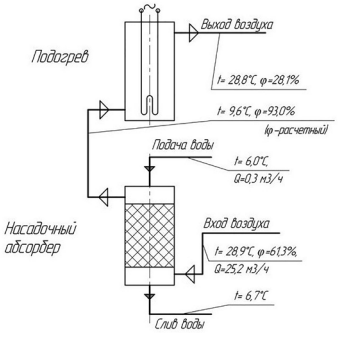


Рис. 2. Схема модельной установки

Таблица 1.

Свойства влажного воздуха в эксперименте

Параметр		Наименование точки		
		вход воздуха в установку	выход воздуха из абсорбера	выход воздуха из установки
Температура сухого термометра	°С	28,9	9,6	28,8
Относительная влажность	%	61,3	93,0	28,1
Энтальпия	кДж/кг	67,65	26,77	46,33
Влагосодержание	г/кг	15,11	6,79	6,79
Температура мокрого термометра	°С	23,03	9,02	16,6
Температура точки росы	°С	20,69	8,52	8,52
Парциальное давление паров воды	кПа.	2,403	1,095	1,095

Преимущества:

- экономия до 15 % потребляемого топлива (или увеличение количества вырабатываемого тепла);
- очистка отходящих газов;
- эффективный контактный теплообмен;
- минимальный объем инвестиций;
- возможность выбора аппаратурного оформления процесса.

Примером реализации предлагаемой системы является рекуперация тепла дымовых газов котельной для выработки пара производственного назначения. Принципиальная схема представлена на рисунке 3. Технологические и технико-экономические показатели представлены в таблице 2. В качестве смесительного теплообменника, накопительной емкости используется сепаратор со слоем насадки.

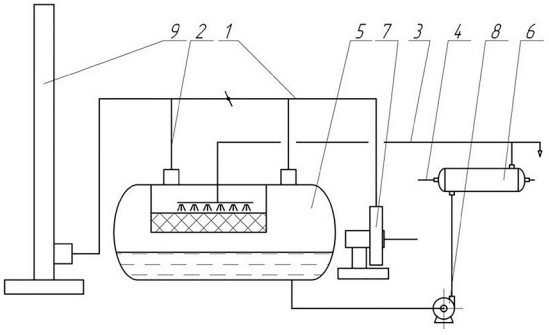


Рис. 3. Технологическая схема системы рекуперации тепла:
1 – исходный дымовой газ, 2 – охлажденный дымовой газ, 3 – циркулируемый конденсат, 4 – нагреваемый поток, 5 – сепаратор, 6 – теплообменник, 7 – дымосос, 8 – насос, 9 – дымовая труба

Область применения

Наиболее перспективными областями применения настоящей технологии рекуперации тепла являются следующие области:

- рекуперация тепла на муниципальных или производственных котельных и ТЭЦ;
- утилизация тепла аспирационных и отходящих технологических газов;

Таблица 2.

Показатели системы рекуперации тепла

Параметр		Величина
Расход дымовых газов	$м^3/ч$	30 000
Температура дымовых газов (вход/выход)	°С	116/50
Энтальпия (вход/выход)	кДж/кг	420/270
Температура точки росы газов	°С	55
Расход циркулируемого конденсата	$м^3/ч$	50
Температура конденсата (вход/выход)	°С	40/50
Количество полученной энергии	кВт	730
Стоимость системы рекуперации	тыс. руб	3500
Расход исходной воды	т/ч	25
Экономия топливного газа	тыс.м3/год	915
Окупаемость	мес.	10

- отопление помещений за счет тепла дымовых газов каминов или печек;
- отопление и увлажнение теплиц за счет тепла дымовых газов ТЭЦ и котельных.

Заключение

Рассматриваемая технология позволяет снизить потребление энергоресурсов на 10 %, снизить негативное воздействие промышленных объектов на окружающую среду и обеспечить в целом эффективную эксплуатацию производственных объектов.

Гибкость настоящей технологии позволяет провести модернизацию производства на различном оборудовании в зависимости от производственных условий того или иного предприятия. Предлагаемая система рекуперации требует минимальные капитальные и эксплуатационные затраты, может работать в сложных производственных условиях без снижения своей надежности.

Литература

1. Основы современной энергетики [Текст]: учеб.: в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. – 5-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. – Т. 1.
2. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Издательство: Альянс, 2005 год. ISBN: 5-98
3. Хамидуллин Р.Н. Способ очистки газов. Патент на изобретение РФ № 2505341, НПО Пылеочистка, Бюл. № 3, 2014.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов, ч. 2. – М.: Химия, 2005 г. – 400 с.

РАЗРАБОТКА ГЛУШИТЕЛЯ-НЕЙТРАЛИЗАТОРА С КАТАЛИТИЧЕСКИМ БЛОКОМ С ЯЧЕИСТО-КАРКАСНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Павлов Г.И., Теляшов Д.А., Ахметшина А.И., Суховая Е.А., Халиулин Р.Р., Зиннатуллин Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

DEVELOPMENT OF MUFFLER - CONVERTER CATALYST UNIT MESHFRAME METAL STRUCTURE

Pavlov G.I., Telyashov D.A., Ahmetshina F.I., Sukhovaya E.A., Haliulin R.R., Zinnatullin R.R.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В настоящее время стоит проблема нейтрализации вредных веществ выхлопной струи ДВС и понижения шума выхлопа. В качестве нейтрализаторов используются твердые носители (основания) для нанесения каталитических покрытий: металлическая гофрированная лента, сотовый керамический блок из кордиерита. В данной работе приведены результаты исследований гидравлических и акустических характеристик. Экспериментально установлено, что гидродинамическое сопротивление ячеисто-структурной металлической вставки не превышает требуемых параметров по шумовым характеристикам, такая вставка превосходит керамические вставки сотовой конструкции.

Annotation

Currently, there is a problem of neutralization of harmful substances exhaust jet engine ex-haust and noise reduction. As solid carriers used neutralizers (s) of application of catalytic coatings: corrugated metal ribbon, cellular ceramic block of cordierite. This paper presents the results of stud-ies of hydraulic and acoustic characteristics. It was established experimentally that the flow re-sistance of cellular - structural metal insert does not exceed the required parameters for the noise characteristics, such insertion is superior ceramic honeycomb insert.

Основной причиной шума на выпуске являются колебания давления в потоке выпускных отработавших газов. Кривая колебаний давления в выпускном коллекторе представляет собой периодически повторяющиеся импульсы. Эти импульсы порождают резкие хлопки на выпуске. Такая резкость звука выхлопа объясняется тем, что каждый импульс давления отработавших газов успевает затухнуть за время до возникновения следующего импульса [1].

Керамические катализаторы сотовой структуры, более простые и дешевые в изготовлении, характеризуются сравнительно низким гидравлическим сопротивлением, имеют развитую каталитическую поверхность. Благодаря этим преимуществам керамические катализаторы сотовой структуры широко используются в автомобилестроении.

Перспективны высокопористые проницаемые ячеистые материалы (ВПЯМ) из керамики с относительной плотностью 3–20 % и с пористостью 97–80 %. Основной особенностью и преимуществом катализаторов на основе ВПЯМ является их сетчато-ячеистая структура, которая обеспечивает интенсивный массо- и теплообмен по всему объему катализатора, увеличивает время контакта газа с рабочей поверхностью и его равномерную газодинамическую и тепловую нагрузку за счет малого гидравлического сопротивления и турбулизации потока газа [2].

Основной недостаток керамических катализаторов – их хрупкость. Керамический блок стареющего катализатора, несмотря на его внешнюю целостность и сохранность своих основных свойств, понемногу разрушается, и появляющаяся при этом керамическая пыль попадает в камеру сгорания, а иногда при разборке двигателя для ремонта в цилиндрах находят и небольшие кусочки керамики. В результате этого катализатор способен нормально работать только с двигателем, оборудованным электронным зажиганием и системой впрыска с микропроцессорным управлением.

Практически лишен этого недостатка глушитель-нейтрализатор, каталитический блок которого заполнен дискретными проволочными элементами. Все преимущества, свойственные вышеуказанным керамическим катализаторам, при этом присутствуют. Носитель катализатора, представляющий собой структуру, образованную дискретными проволочными элементами в виде спиралевидных многовитковых тел вращения, впервые изготовлен на кафедре физической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева (патенты РФ № 2184794, № 2213645). Получен материал с плотностью от 0,4 до 1,5 г/см^3 и с полностью доступной внутренней поверхностью.

Такие ячеисто-каркасные носители будут обладать по сравнению с известными следующими преимуществами [3]:

- простотой монтажа в каталитических конвертерах с помощью фиксирующих зажимных колец;
- более высокой по сравнению с керамическими носителями механической прочностью;
- более развитой по сравнению с керамическими носителями поверхностью;
- низким газодинамическим сопротивлением;
- способностью к выравниванию радиального профиля скоростей газового потока;
- высокой устойчивостью при эксплуатации в условиях резких перепадов температур;
- высокой эффективностью шумоглушения.

Объекты исследования

Для эффективного обезвреживания вредных веществ выхлопной струи ДВС авторами данной работы предлагается использование двух различных каталитических блоков. Первый каталитический блок, нейтрализующий окислы азота и углерода, устанавливается в выпускной магистрали 2, второй каталитический блок, обезвреживающий углеводороды, расположен в глушителе-нейтрализаторе 1 (см. рис. 1, а).

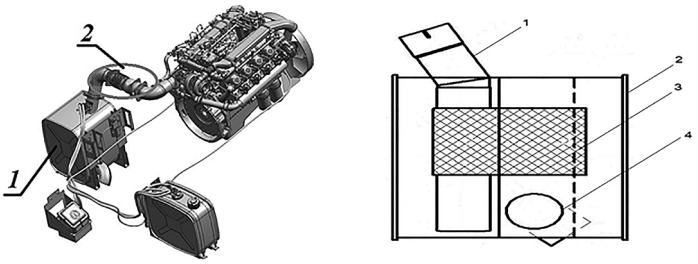


Рис. 1. а) общий вид ДВС с выпускной магистралью и системой нейтрализации и шумоглушения; б) техническая схема глушителя-нейтрализатора (1 – входной патрубок, 2 – корпус, 3 – каталитический блок, 4 – выходной патрубок)

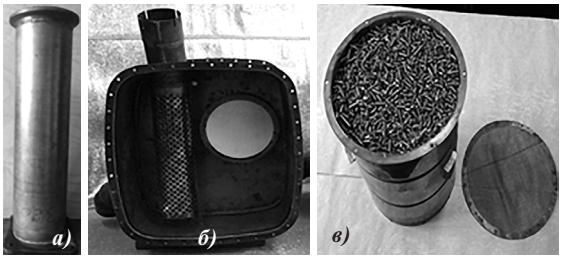


Рис. 2. а) каталитический блок (нейтрализатор 1); б) глушитель-нейтрализатор; в) каталитический блок (нейтрализатор 2)

Исследование акустических и гидродинамических характеристик глушителя-нейтрализатора

Был разработан специальный стенд для проведения экспериментов глушителей-нейтрализаторов с помощью которого получили следующие данные.

Ниже приведены два спектра на двух «энергонесущих» вынуждающих частотах для каталитического блока 2 (см. рис. 3, 4).

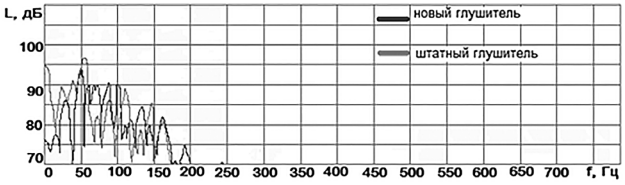


Рис. 3. Спектр акустического сигнала на частоте 50 Гц

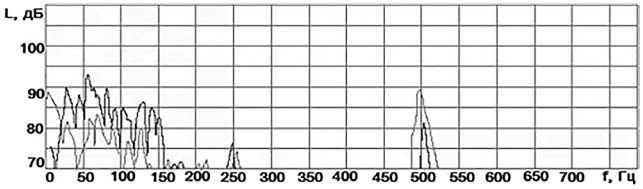


Рис. 4. Спектр акустического сигнала на частоте 500 Гц

Таблица 1.

Сводная таблица полученных результатов

Частота f, Гц	Уровень шума L, дБ	
	со штатным глушителем	с глушителем на основе дискретных элементов
50	97	93
80	85	91
200	75	75
500	89	81
650	83	68

Таблица 2.

Гидравлическое сопротивление глушителей

со штатным глушителем	с глушителем с дискретными элементами
0.23227 атм.	0.20323 атм.

Исследования каталитического блока 1 (см. рис. 2, а) были проведены по такой же методике. Также был проведен расчет в программном комплексе Ansys Fluent версии 6.3. Ввиду проблемы моделирования дискретных элементов (пружин), задачу упростили за счет замены элементов пористой поверхностью. На входе расчетной области подавался пульсирующий поток при помощи параметра «давление», на выходе получали тот же пульсирующий поток с пониженной амплитудой давления.

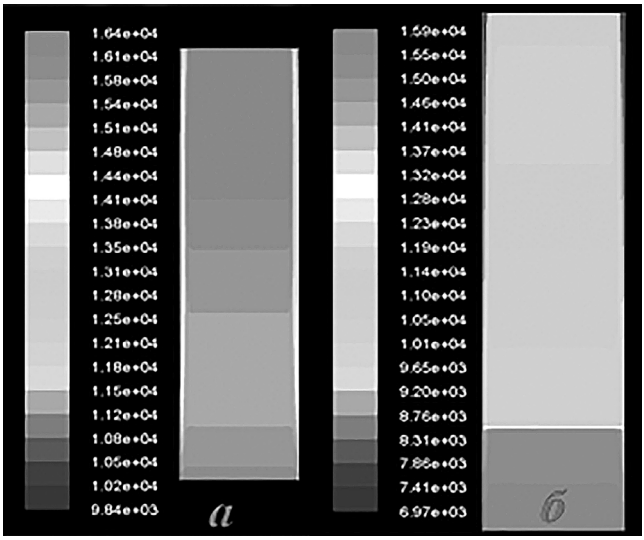


Рис. 5. Распределение полного давления в нейтрализаторе 1 при частоте 650 Гц
а) без пористого материала; б) с пористым материалом

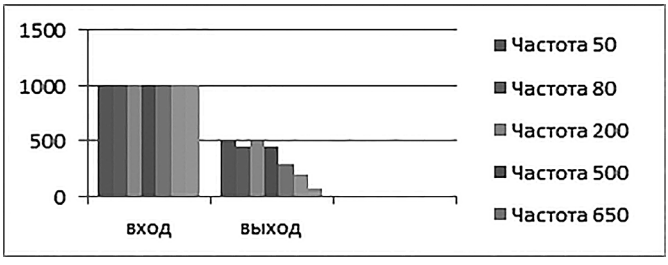


Рис. 6. Изменение амплитуды давления от частоты

Выводы

Разработана система нейтрализации и шумоглушения с рядом преимуществ: противодавление в глушителе-нейтрализаторе по сравнению с противодавлением в аналогах существенно меньше; разборная модель глушителя-нейтрализатора предусматривает частичную или полную замену каталитического блока; в каждом из каталитических блоков имеется возможность расположения каталитических элементов, предназначенных для обезвреживания различных недоокисленных веществ; повышение эффективности шумоглушения по сравнению с аналогами.

Литература

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика – Москва: Изд-во МГТУ; 2008. – 424 с.
2. Лукин В.В., Попович С.Н., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона – Москва: Изд-во МГУ; 1998. – 480 с.
3. Бенсон С.А. Основы химической кинетики – Москва: Мир; 1964. – 434 с.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ КОНВЕРСИИ ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ

Чичирова Н.Д., Зуева О.С., Чичиров А.А., Власов С.М.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань
Зуев Ю.Ф.,
Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань

RENEWABLE ENERGY: MODERN WAYS OF ENERGY CONVERSION OF PLANT BIOMASS

Chichirova N.D., Zueva O.S., Chichirov A.A., Vlasov S.M.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Zuev Yu.F.,
KIBB KazSC RAS, Kazan

Аннотация

Рассмотрены современные способы конверсии энергии, заключенной в биомассе растений. Описаны возможности автономных энергетических систем и накопителей энергии на основе плазменных газификаторов, перерабатывающих растительную биомассу в генераторный газ. Изложены новые технологии получения различных видов моторного биотоплива из сырья растительного происхождения с использованием достижений в области нанотехнологий и генной инженерии. Показано, что развитие новых нанобиотехнологических методов переработки растительной биомассы создает основу будущих высокоэффективных промышленных технологий производства биотоплива.

Annotation

The modern methods of plant biomass energy conversion are discussed. The capabilities of autonomous energy systems and energy storage devices based on plasma gasification, processing plant biomass into producer gas are described. The new technologies using advances in nanotechnology and genetic engineering for production of various types of biofuels from raw materials are presented. It is shown that the development of new methods of nanobiotechnology processing of plant biomass provides the basis for future high-performance industrial biofuel technologies.

В последнее время во всем мире активно идет поиск альтернативных источников энергии, поскольку запасы ископаемых энергетических ресурсов ограниченны, а их использование приводит к определенным экологическим проблемам. Развивается альтернативная (возобновляемая) энергетика, в том числе биоэнергетика – отрасль современной энергетики, занимающаяся решением проблем получения твердого, жидкого и газообразного топлива из растительной биомассы, являющейся возобновляемым ресурсом. Для получения различных видов углеводородного топлива разрабатываются и совершенствуются технологии переработки биологического сырья [1–3]. Использование биотоплива совместно с традиционными ископаемыми видами топлива обладает определенными преимуществами и позволяет решать многие проблемы в энергетике, в том числе позволяет решать вопросы безопасности и надежности энергоснабжения за счет создания автономных энергетических систем и накопителей энергии в виде газообразного биотоплива.

Биоэнергетика возникла и развивается на стыке современных биотехнологий, химической технологии и энергетики. Новому направлению в энергетике уделяется пристальное внимание, особенно в странах, где нефть и газ отсутствуют, либо их запасы малы, а энергетическая независимость желательна. Возможность получения из растительной биомассы различных видов моторного топлива делает этот сектор энергетики еще более привлекательным. Оценив неизбежность расширения нового сектора рынка, ведущие мировые энергетические компании занимаются инвестицией средств в разработку инновационных технологий и улучшение существующих технологий получения моторных топлив вне зависимости от видов исходного сырья (в том числе и из растительной биомассы).

Биологическая конверсия солнечной энергии в скрытую энергию химических соединений, составляющих биомассу растений, происходит в процессе фотосинтеза и приводит к росту растений. Обратный процесс использования биомассы в энергетических целях – комплексный процесс, включающий выращивание и сбор биологических веществ, различные методы их подготовки и переработки в твердые, жидкие и газообразные топлива. Доля растительной биомассы в мировом производстве энергии пока сравнительно невелика – около 14 %, причем в развивающихся странах около половины энергетических потребностей покрывает биомасса, используемая непосредственно как твердое топливо (дрова, сжигаемые отходы сельского и лесного хозяйства). Несмотря на имеющиеся преимущества производства и использования биотоплива, в настоящее время эффективность его получения традиционными способами недостаточно высока. Существенным недостатком традиционных технологий является малая глубина переработки растительного сырья, в результате чего производитель может столкнуться с проблемой утилизации отходов, которая поглотит все плюсы от производства самого топлива. Поэтому большинство современных разработок в области производства биотоплива сейчас направлены на поиск новых, нетрадиционных подходов повышения эффективности использования биоресурсов.

Вместо прямого сжигания биомассы для получения тепла и электричества используется преобразование биомассы с помощью плазменных газификаторов в экологически чистый источник энергии [4, 5]. Самым эффективным промышленным способом преобразования первичной энергии в электричество является комбинированный парогазовый цикл, в котором используется только газообразное топливо. Поэтому для получения электроэнергии из твердых топлив их необходимо предварительно газифицировать, превратив в генераторный газ (синтез-газ) – смесь, состоящую в основном из водорода и монооксида углерода. При этом эффективность использования первичной энергии твердых топлив по сравнению с процессом прямого сжигания с использованием парового цикла существенно увеличивается. Кроме того, получаемый при газификации синтез-газ может быть использован как сырье для производства этанола и других видов жидкого моторного топлива, водорода и некоторых веществ химико-технологического назначения. Технология плазменной газификации применяется не только для повышения эффективности использования растительной биомассы в целях получения энергии, но и для утилизации растительных, бытовых и даже технологических отходов и их преобразования в электроэнергию. Преобразование биомассы с помощью разработанных для промышленной переработки отходов плазменных газификаторов происходит при одновременном снижении парникового эффекта, поскольку осуществляется в технологиях ее переработки в экологически чистый источник энергии – генераторный газ. Использование технологии плазменной газификации способствует улучшению экологической ситуации, поскольку существующие вредные примеси могут быть устранены из газообразной среды с помощью фильтрующих элементов. При этом общее снижение выбросов доходит до 95 % на ртуть и диоксид серы, до 60 % на оксид азота (http://tbc-inv.ru/tbcinvrejim.pdf).

Совокупная регенерированная энергия, извлеченная из исходного сырья, переработанного газификатором в генераторный газ, составляет примерно 80 % [5]. Полученный генераторный газ может быть не просто использован для генерации электроэнергии, но и сохранен для использования в часы пиковых нагрузок и на случай возможных аварий, что позволяет решать вопросы экономичности, надежности и безопасности энергоснабжения. Созданию автономных энергетических систем и накопителей энергии, в том числе в виде газообразного биотоплива, придается все большее значение в связи с формированием интеллектуальных сетей электроснабжения (smart grid).

В других методах для эффективного извлечения энергии, заключенной в растительной биомассе, ее перерабатывают в различные виды жидкого или газообразного топлива. Тип биомассы и ее влажность определяют способы ее переработки, характеризуемые различным типом воздействия на окружающую среду. Анализ и систематизация способов получения энергии из биомассы проведен авторами работы [6]. В зависимости от способов переработки исходного растительного сырья могут быть получены различные виды биотоплива. При

их получении применяются как биотехнологические, так и термохимические методы, а в некоторых случаях – их совокупность. В последнее время особое внимание уделяется разработке гибридных процессов, в которых биохимическая конверсия субстрата является одной из ключевых стадий, а также модернизации традиционных химических производств введением в производственный процесс биокаталитической стадии с участием ферментов или бактериальных клеток.

Биомасса с высокой влажностью (сточные воды, бытовые отходы, продукты гидролиза органических остатков) обычно перерабатывается биотехнологическими способами: анаэробной переработкой, этанольной ферментацией, ацетобутанольной ферментацией. Продуктами этих процессов являются: биогаз (биометан), органические кислоты (уксусная, масляная), этанол, ацетон, бутанол. Биомасса с низкой влажностью (сельскохозяйственные и городские твердые отходы) перерабатывается термохимическими процессами: прямым сжиганием, газификацией, пиролизом, ожижением, гидролизом. В результате получают водяной пар, электроэнергию, топливный газ, водород, жидкое топливо, древесный уголь, глюкозу. В целом процесс превращения растительной биомассы в биотопливо предполагает расщепление составляющих ее макромолекул на более мелкие, удаление избытков кислорода, а затем соединение небольших молекул в элементы различных видов топлива. Методы, используемые для этой цели, различаются, в частности, по температуре. Низкотемпературные биотехнологические методы (50–200 °С) позволяют получить сахара для их дальнейшей ферментации в спирты и другие виды топлива. При нагреве до более высоких температур (300–600 °С) образуется так называемая бионефть – жидкая фракция, перерабатываемая затем в бензин или дизельное топливо. При сверхвысокой температуре (более 700 °С) создаются условия для получения смеси простых газов, которые могут быть переработаны в жидкое моторное топливо.

Перспективным направлением использования растительной биомассы является получение из нее различных видов моторного топлива. Основной задачей ученых, работающих сейчас в области получения биоэтанола из целлюлозных биомасс, является разработка новых нанобиотехнологических методов, включающих в себя получение ферментов, позволяющих расщеплять целлюлозу до простейших сахаров, и использование генетически модифицированных микроорганизмов, частично разлагающих лигнин (затрудняющий ферментативный гидролиз) и сбраживающих другие компоненты сырья, а также синтез каталитических систем, позволяющих перерабатывать лигноцеллюлозу термохимическими методами. В настоящий момент наиболее перспективным считается не прямое использование биоэтанола в качестве транспортного топлива, а его дальнейшая переработка в органические вещества, в том числе в синтетические и смесевые топлива, более соответствующие стандартным нефтяным топливам: бензину, состоящему из молекул углеводородов с 4–12 атомами углерода, топливу для реактивных двигателей (керосину) – с 8–15 атомами углерода, дизельному топливу – с 12–18 атомами углерода.

Для получения прекурсоров различных видов биотоплива, в том числе и биодизельного, могут быть использованы ферментно-каталитические способы с участием генетически модифицированных микроорганизмов. Конверсия растительного сырья может осуществляться и химическими методами, относящимися к олеохимическому и термохимическому направлению, при которых осуществляются разнообразные химические процессы превращения исходного сырья в углеводороды топливного назначения и другие продукты.

Термохимическая переработка лигноцеллюлозных биомасс, основу которых составляют линейные макромолекулы целлюлозы, приводит к получению смолистой жидкости, похожей на разбавленный деготь. Однако подобная смолистая жидкость в отличие от обычной нефти состоит из кислородсодержащих молекул, обладает высокой кислотностью, не смешивается с топливом на основе ископаемой нефти и имеет только половину энергоемкости бензина. Дальнейшая переработка полученной жидкости с целью удаления кислорода – гидродеоксигенация позволяет получить бионефть, имитирующую химические характеристики ископаемого топлива, что дает возможность более глубоко интегрировать ее в существующие топливные системы. Продукты гидродеоксигенации бионефти могут использоваться для

дальнейшей переработки на стандартном нефтеперерабатывающем оборудовании совместно с нефтяными фракциями. Объединение двухэтапного процесса, т.е. разработка технологий переработки твердой биомассы в жидкость, а затем в биотопливо внутри одного и того же реактора позволило бы значительно удешевить процесс. Ученые активно занимаются поисками путей такого объединения, разрабатывая (пока на уровне демонстрационных установок) новейшие термохимические технологии, определяемые в первую очередь строением и свойствами каталитических систем.

Итак, развитие новых технологий приводит к совершенствованию привычных методов сжигания топлива, давно и удачно опробованных методов получения биоэтанола, биодизельного топлива и некоторых других видов биотоплива. Дешевеют ферменты, более доступными становятся мембранные технологии, совершенствуются каталитические системы. Увеличивается глубина переработки исходного сырья и улучшаются экологические характеристики полученного топлива. Появляются принципиально новые нанобиотехнологические методы переработки растительной биомассы, экстракции биотоплива и совершенствования его характеристик. Дальнейшее развитие этих методов создает основу будущих высокоэффективных промышленных технологий производства биотоплива.

Литература

1. Зуева О., Калайда М., Чичиров А. Биотопливо и бионанотехнологии. – Saarbrücken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), 2014. – 112 с.
2. Зуева О.С., Чичиров А.А., Зуев Ю.Ф. Биотопливо и нанотехнологии / Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике. Т. II. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – С. 48–80.
3. Чичирова Н.Д., Зуева О.С., Чичиров А.А., Власов С.М., Зуев Ю.Ф. Бионанотехнологии в производстве биотоплива // Надежность и безопасность энергетики. 2014. – № 3 (26). – С. 48–56.
4. Братцев А.Н., Кузнецов В.А., Попов В.Е., Уфимцев А.А. Плазменная газификация биомассы на примере отходов древесины // Теплофизика высоких температур. – 2011. – Т. 49. – № 2. – С. 251–255.
5. Технология плазменной газификации Westinghouse Plasma Corp. [Электронный ресурс]; // URL:http://www.cleandex.ru/articles/2011/07/27/zavody_po_pererabotke_othodov_proizvodstva_i_potrebleniya_v_elektroenergiyu (дата обращения: 29.01.2015).
6. Чернова Н.И., Коробкова Т.П., Киселева С.В. Биомасса как источник энергии // Вестник Российской АЕН. – 2010. – № 1. – С. 54–60.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Крамина Т.А.,

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

NONCONVENTIONAL METHODS OF OBTAINING GEOTHERMAL ENERGY

Kramina T.A.,
Kazan State University of Architecture and Construction, Kazan

Аннотация

Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта использования нетрадиционных видов топлива, в частности геотермальной энергии. Был сделан вывод относительно экономической целесообразности и реальной осуществимости использования фонда ранее пробуренных законсервированных ныне скважин для извлечения геотермальной энергии в регионе Среднего Поволжья, в том числе в Республике Татарстан.

Annotation

As a result of the analysis, domestic and foreign, experience of use of nonconventional types of fuel the conclusion concerning those directions with are real realizable and economically expedient in the region of the Average of the Volga region, including the Republic of Tatarstan was drawn

Работа посвящена мероприятиям, предлагаемым нам в свете решения задач, определенных Государственной программой Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Одним из направлений, нацеленных на решение задач, обозначенных в долгосрочном проекте, является использование альтернативных источников энергии.

За последние годы накоплен достаточно большой опыт использования гелио-, гео-, гидро-, аэро- и биоэнергетики. Однако в России альтернативные источники энергии крупномасштабного внедрения не получили. Поэтому исследования в этом направлении являются актуальными и своевременными.

Изучая опыт стран Запада, следует отметить, что в Италии уже с начала прошлого века используется тепло от многочисленных горячих источников, в наши дни мощность станции в Лардерелло составляет 360 тысяч кВт. Геотермальная станция в США, в районе Сан-Франциско, имеет мощность 500 тысяч кВт. Во Франции для отопления жилых домов используются подземные воды Парижского бассейна, имеющие температуру 60–70 °С. Там уже на протяжении 30 лет функционируют 37 пар скважин, которые снабжают теплом и горячей водой более 0,5 млн человек и предприятия промышленности [2].

Вместе с тем к выбору наиболее эффективного из рассмотренных проектов необходимо подходить критически и взвешенно, исходя из реальных возможностей нашего региона, а именно учета его климатических и гидро-геологических особенностей. Целью данной работы было изучить вопросы, касающиеся гидротермальной энергетики применительно к Татарстану. В связи с отсутствием термальных источников в Центральном регионе России внимание было сосредоточено на использовании тепла земли и грунтовых вод. Одним из факторов, резко сдерживающих это использование, являются отсутствие надлежащего опыта строительства геоэлектростанций и экономическая составляющая этого направления.

Анализ показал, что в комплексе работ согласно диаграмме затрат на установку и содержание геоТЭС наибольшую стоимость (от 45 до 95 %) составляет стоимость бурения скважин, а не обслуживание их и не оборудование. В связи с этим в данном исследовании была сделана попытка предложить новый, нетрадиционный метод получения геотермальной энергии, а именно за счет использования существующих законсервированных в связи с нерентабельностью или по другим причинам скважин. В России в поисках нефти и газа и других геологоразведочных работ, по

экспертным оценкам, пробурено более 1 млн глубоких скважин. Из них по данным Федерального реестра скважин около 22433 скважин, пробуренных за государственный счет, находятся в нераспределенном фонде недр Российской Федерации. Часть из этих скважин (около 2 тыс.) находится в консервации, т.е. произведена герметизация устья скважины с целью сохранения ее ствола. Предполагается подобные скважины использовать вторично для получения геотермальной энергии. При этом принципиально важным является выявление подходящих скважин с позицией их «вторичного» использования в различных технологических схемах извлечения геотермальной энергии и дополнительно, одновременно с этим гидроминерального сырья из недр земли. Предполагается, что будут в различных случаях использоваться подземные воды с различными температурами: слаботермальные (21–50 °С), термальные (51–75 °С), высокотермальные (76–100 °С) и слабоперегретые (101–150 °С) [2].

Разработаны три варианта схем извлечения гидрогеотермальных энергетических и минеральных сырьевых ресурсов из законсервированных скважин [1]. При каждой из них тепло источника используется максимально (без выбросов в атмосферу или сточные воды), что особо значимо с позиций экологических задач. Достигается почти полная переработка минерально-сырьевых ресурсов, компенсация снижения температуры геотермального источника, уровня грунтовых вод и гибкое регулирование их за счет использования систем:

- с водогрейными котлами или сетевой водой от внешнего источника;
- с паровыми котлами или паром от внешнего источника;
- с газопоршневыми генераторами или генераторами на гидротурбине.

Разработка технологических схем является подготовительным этапом для последующего проектирования и строительства геоТЭС на основе использования гидрогеотермальных энергетических и минеральных сырьевых ресурсов на территории Татарстана и других нефтяных районов России с производством, достигающим мощности от 0,25 до 5 МВт и более электроэнергии, тепловой энергии, воды для горячего водоснабжения. В комплекс геоТЭС целесообразно включать предприятия по переработке минерального сырья.

Экономический расчет материальных затрат на создание геоТЭС показал, что при реконструкции существующей разведочной скважины в случае использования скважинного теплообменника при мощности 0,7 МВт капитальные затраты составят 60 млн рублей, при дуплете из реконструируемой существующей и новой нагнетательной скважины при мощности 5 МВт – 175 млн рублей, при триплете из существующей и двух новых скважин при мощности 8 МВт – 250 млн рублей, при дуплете из двух новых скважин при мощности 15 МВт – 250 млн рублей.

В работе был изучен вопрос технического оснащения установки. В результате аналитического сравнения различных насосных систем можно сделать вывод о том, что наиболее рационально и экономически оправданно использование теплового насоса с закрытым циклом и вертикальным теплообменником. Он представляет собой систему трубок, в которых прокачивается теплоноситель. Она может быть заглублена в землю до 200 метров (обычно 50–100 метров) и устроена по типу зонда.

Известно, что на глубине 15–20 метров от поверхности земля имеет стабильную температуру 10–12 °С независимо от времени года. С увеличением глубины температура земли повышается. Этот способ может обеспечить самую высокую эффективность работы теплонасоса, малый расход электроэнергии и дешевое тепло: на 1 кВт электроэнергии удается получить до 5 кВт тепловой энергии.

Предлагаемые решения, кроме прочих перечисленных преимуществ, открывают новые возможности автономного энергообеспечения отдельных регионов, удаленных от магистральных энергетических сетей и месторождений органического топлива. При этом снижаются затраты на транспортировку энергии, уменьшаются теплопотери.

Литература

1. Крамина Т.А. Проектирование геогидротермальных станций. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2013. – 112 с.
2. Михеев А.П., Береговой А.Б., Петрянина Л.Н. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. – 225 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИНАМИКИ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Мещанов А.С., Севрюгин С.Ю., Туктаров Э.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань

ENERGY-SAVING CONTROL WITH APPLICATION OF DYNAMICS OF NONLINEAR OBJECTS UNDER DISTURBANCES

Meshchanov A.S., Sevrugin S.U., Tuktarov E.A.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev - KAI, Kazan

Аннотация

Предлагаются методы синтеза эффективных аналоговых разрывных векторных управлений, приводящих систему с нелинейным нестационарным объектом при неопределенных возмущениях в скользящий режим на подвижном многообразии скольжения, предлагаются методы его синтеза. Обеспечивается заданное качество переходных процессов, получены способ и методы уменьшения и минимизации модулей составляющих управления и энергетических затрат.

Annotation

The methods of synthesis analogue discontinuous effective vector control, resulting the system with non-linear non-stationary objects under uncertain disturbances in sliding mode on the movable sliding manifold, the proposed method of its synthesis Providing a predetermined quality of transients obtained methods of reducing and minimization of modules of the control components and energy costs.

Рассматривается система при номинальных и неопределенных возмущениях

$$\dot{x}(t) = f_0(x,t) + B_0(x,t)u + N_0(x,t) + h(x,t,u), \qquad (1)$$

где $x \in \Omega_x$, $t \in I = (t_0, t_k]$, $t_k < \infty$; $f_0(x,t) = A_0(x,t)x$, $f_0(0,t) = 0$, $N_0(x,t) = D_0(x,t)F_0(x,t) + \varphi_0(x,t)$, а вектор $h(x,t,u)$ представляет суммарное неопределенное ограниченное возмущение

$$h(x,t,u) = \Delta f(x,t) + \Delta B(x,t)u + D_0(x,t)(F_0(x,t) + \Delta F(t)) + \Delta D(x,t)\Delta F(t). \qquad (2)$$

Решаемые задачи

1. Найти сравнительно простой по реализации метод синтеза эффективного разрывного векторного управления u, приводящего систему (1), (2) в скользящий режим на подвижном многообразии скольжения.
2. Найти метод синтеза подвижных многообразий скольжения по заданному качеству переходных процессов.
3. Найти методы уменьшения и минимизации энергетических затрат в системах с разрывными управлениями.

Синтез разрывного управления, приводящего систему в скользящий режим

Для упрощения построения векторного $m\times1$– управления u представим его в виде

$$u = (u_1,...,u_m)^T = (C(t)B_0(x,t))^{-1}u^* \qquad (3)$$

и введем обозначение

$$B_0(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1} = P_0(x,t), \qquad (4)$$

где $m\times n$ – матрица $C(t)$ соответствует подвижному $(n-m)$ – мерному многообразию

$$S(s = (s_1,...,s_m)^T = C(t)x = 0). \qquad (5)$$

Система (1) с учетом выражений (3), (4) принимает вид

$$\dot{x}(t) = f_0(x,t) + P_0(x,t)u^* + N_0(x,t) + h(x,t,u). \quad (6)$$

Рассмотрим производную

$$\dot{s} = \dot{C}x + C\dot{x} = \dot{C}x + Cf_0 + u^* + CN_0 + Ch \quad (7)$$

и ее составляющие $\dot{s}_j$

$$\dot{s}_j = \dot{C}_j x + C_j \dot{x} = \dot{C}_j x + C_j(f_0 + N_0 + h) + u_j^*, \quad j = \overline{1,m}. \quad (8)$$

Впервые предлагаемые управления u_j^* находятся по условиям приведения системы (6) в скользящий режим на каждой подвижной гиперплоскости $s_j = C_j(t)x = 0$, и тем самым на $(n-m)-$мерном многообразии S (5) [1] , соответственно в двух видах:

$$u_j^* = u_j^{*+}(t), \ \dot{s}_j = \dot{s}_{j\text{з}}^{+}(t) < 0 \quad \text{при} \quad s_j > 0, \quad u_j^* = u_j^{*-}(t), \ \dot{s}_j = \dot{s}_{j\text{з}}^{-}(t) > 0 \quad \text{при} \quad s_j \le 0. \quad (9)$$

Задаваемые и настраиваемые по результатам пробных моделирований системы управления функции $\dot{s}_{j\text{з}}^{\pm}(t)$ условиях (9) определяют качество процессов до попадания изображающей точки (и.т.) на многообразие S (5) и в малой ее окрестности полагаются близкими к нулевым значениям с целью регулирования параметров колебаний управления (во избежание их возможного негативного воздействия на исполнительные механизмы [2]). С учетом ограничений на возмущения $h_{l*} < h_l < h_l^*, \ l = \overline{1,n}$, и выражений $\dot{s}_j$ (8) условия (9) для управлений u_j^* запишутся

$$\begin{aligned} u_j^{*+}(t) &\le \dot{s}_{j\text{з}}^{+}(t) - \dot{C}_j(t)x - C_j(t)(f_0(x,t) + N_0(x,t)) - \max_{h_1^i,\ldots,h_n^i}[\textstyle\sum_{l=1}^{n} c_{jl}(t)h_l(t)], \\ u_j^{*-}(t) &\ge \dot{s}_{j\text{з}}^{-}(t) - \dot{C}_j(t)x - C_j(t)(f_0(x,t) + N_0(x,t)) - \min_{h_1^i,\ldots,h_n^i}[\textstyle\sum_{l=1}^{n} c_{jl}(t)h_l(t)], \end{aligned} \quad (10)$$

где $c_{jl}(t)$ элементы $m\times n$ $-$матрицы $C(t)$. Исходное управление u для системы (1) находится согласно соотношению (3). Отметим, что полученное новое разрывное управление (10) отличает сравнительная простота реализации, так как она не предполагает наличия вспомогательных многообразий переключений структур в виде координатных и других фиксированных или подвижных многообразий, и вместе с тем обеспечивается возможность настройки переменных заданных скоростей $\dot{s}_{j\text{з}}^{\pm}(t)$ попадания и.т. на подвижные гиперплоскости многообразия скольжения $S(s = C(t)x = 0)$ (5). Последнее позволяет минимизировать значения управления и энергетические затраты на него и регулировать параметры установившихся колебаний разрывного управления.

Синтез подвижных многообразий скольжения по заданному качеству переходных процессов

Предполагаются выполненными в системе (6) условия инвариантности скользящих режимов на подвижном многообразии $S(s = C(t)x = 0)$ (5) к номинальным и неопределенным ограниченным возмущениям $N_0(x,t)$ и $h(x,t,u)$:

$$N_0(x,t) = B_0(x,t)\Lambda_{N_0}(x,t), \qquad h(x,t,u) = B_0(x,t)\Lambda_h(x,t), \quad (11)$$

где $\Lambda_{N_0}(x,t)$ и $\Lambda_h(x,t)$ являются $m\times 1-$векторами с неопределенными в общем случае составляющими. Тогда, применяя один из известных методов вывода уравнений скользящего режима [3, 1], для систем с линейным вхождением управления получаем уравнение

$$\dot{x} = [E - B_0(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1}C(t)]f_0(x,t) - B_0(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1}\dot{C}(t)x, \quad (12)$$

в котором в силу $x \in S$ (5) выполняется соотношение:

$$s = C(t)x = 0 \ \forall x \in \Omega_x, \forall t \in I = (t_0, t_k], \quad t_k < \infty.$$

Предлагается метод синтеза подвижного многообразия скольжения с воспроизведением в скользящем режиме модельного движения малой размерности. Качество переходных процессов на скользящих режимах, также как и при обычных линейных управлениях, повышается при прочих равных условиях с понижением размерности системы. В этой связи предлагается в скольжении воспроизводить желаемое движение модельной номинальной системы с пониженной по сравнению с исходной системой (1) размерностью, равной размерности $(n-m)$ многообразия скольжения $S(5)$, $n-m\geq 1$. Для этого рассмотрим систему скользящего режима (12) на многообразии $S(5)$ с исключенным, в силу $s=0(5)$, $m\times 1-$ субвектором $x^2=-(C^2(t))^{-1}C^1(t)x^1$. При постоянной и равной единичной субматрице C^2, $C^2=E$, данная система принимает вид:

$$\dot{x}^1=f_0^1(x,t)-B_{01}(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1}(C^1(t)f_0^1(x,t)+f_0^2(x,t)+\dot{C}^1(t)x^1), \tag{13}$$

где $x=\begin{pmatrix}x^1\\x^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}E_{(n-m)\times(n-m)}\\-C^1(t)\end{pmatrix}x^1$, $B_0(x,t)=\begin{pmatrix}B_{01}(x,t)\\B_{02}(x,t)\end{pmatrix}$, $f_0(x,t)=\begin{pmatrix}f_0^1(x,t)\\f_0^2(x,t)\end{pmatrix}$, $E_{(n-m)\times(n-m)}-$ единичная $(n-m)\times(n-m)-$ субматрица, а $f_0^1(x,t)$, $f_0^2(x,t)$ и $B_{01}(x,t)$, $B_{02}(x,t)$ соответственно $(n-m)\times 1$, $m\times 1-$ субвекторы и $(n-m)\times m$, $m\times m$ субматрицы. Ограничимся рассмотрением одной из предлагаемых моделей с размерностью вектора состояния равной $(n-m)\times 1$,

$$\dot{y}^1=f_0^1(y,t)-B_{01}(y,t)u_{\text{м}},\quad u_{\text{м}}=\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)y^1,\quad y=\begin{pmatrix}E_{(n-m)\times(n-m)}\\-C^1(t)\end{pmatrix}y^1, \tag{14}$$

при условии ее управляемости. Приравнивая для воспроизведения правую часть системы скользящего режима (13) правой части модельной системы (14), получаем тождество

$$\begin{aligned}&f_0^1(x,t)-B_{01}(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1}(C^1(t)f_0^1(x,t)+f_0^2(x,t)+\dot{C}^1(t)x^1)\equiv\\&\equiv f_0^1(y,t)-B_{01}(y,t)u_{\text{м}}\ \ \forall t\in I=[t_0,t_k],\ t_k<\infty,\end{aligned} \tag{15}$$

которое после сокращений с учетом $x(t)\equiv y(t)\ \forall t\in I=[t_0,t_k]$, $t_k<\infty$, субвекторов f_0^1, приравнивания сомножителей при матрицах B_{01} и умножения левой и правой частей получаемого тождества на матрицу CB_0 упрощается до вида

$$\dot{C}^1y^1\equiv -C^1(t)f_0^1(y,t)-f_0^2(y,t)+(C(t)B_0(y,t))\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)y^1. \tag{16}$$

В результате для определения матрицы $\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)$ и субматрицы $C^1(t)$ для тождественного воспроизведения желаемого модельного движения $y^1(t)$ приходим с учетом $y=\begin{pmatrix}E_{(n-m)\times(n-m)}\\-C^1(t)\end{pmatrix}y^1$ и представлений субвекторов f_0^1, f_0^2 в виде

$$f_0^1(y,t)=(A_{011}(y,t)-A_{012}(y,t)C^1(t))y^1,\quad f_0^2(y,t)=(A_{021}(y,t)-A_{022}(y,t)C^1(t))y^1, \tag{17}$$

к двум системам

$$\begin{aligned}&\dot{y}^1=f_0^1(y,t)-B_{01}(y,t)\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)y^1,\\&\dot{C}^1=-C^1(t)(A_{011}(y,t)-A_{012}(y,t)C^1(t))-(A_{021}(y,t)-A_{022}(y,t)C^1(t))+(C(t)B_0(y,t))\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t),\end{aligned} \tag{18}$$

в которых начальные условия $y^1(t_0)$ и $C^1(t_0)$ задаются и определяются в соответствии с равенствами:

$$y^1(t_0)=x^1(t_0),\quad y^2(t_0)=x^2(t_0)=-C^1(t_0)x^1(t_0),\ C^1(t_0)y^1(t_0)+y^2(t_0)=0, \tag{19}$$

означающими совпадение модельных начальных условий $y(t_0)$ с условиями $x(t_0)$ исходной системы (1) и прохождение подвижного многообразия скольжения $S(5)$ в момент $t=t_0$ через точку начального состояния $x(t_0)$. Нахождение матрицы $\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)$ в системе (18) по первой (модельной) системе затруднено тем, что элементы субматрицы $C^1(t)$ заранее анали-

тически не известны, а находятся вместе с вектором $y(t)$, в который входят согласно системе (14), в результате интегрирования системы (18) в реальном масштабе времени в процессе управления. В этой связи известные методы синтеза управлений для систем с нелинейным нестационарным объектом здесь не применимы и для вычисления элементов $m\times(n-m)-$ матрицы $\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)$ и по ней соответствующей субматрицы $C^1(t)$ предлагается аналитически-цифровой метод работы [4].

Методы уменьшения и минимизации энергетических затрат на управления

Энергетические затраты на управление предлагается оценивать интегралом от суммы модулей составляющих векторного управления с размерными положительными коэффициентами k_i за время переходного процесса $T_{\text{пп}}=t_{\text{пп}}-t_0$: $J=\int_{t_0}^{t_{nn}}(k_1|u_1|+...+k_m|u_m|)dt$. Их уменьшение можно получать экспоненциальным выводом значений параметров на расчетные значения и идентификацией вектора $h(x,t,u)$ с последующей его компенсацией вместе с вектором $N_0(x,t)$ [5]. Ограничимся более подробным рассмотрением уменьшения энергетических затрат, основанного на применении динамики самого объекта управления, то есть без управляющих воздействий в скользящем режиме, в случаях, когда области фазового пространства самого объекта имеют такие траектории и.т., которые способствуют повышению качества переходных процессов по сравнению с системой при постоянном действии управления, и они в скользящем режиме (при отсутствии возмущений) воспроизводятся без действия управления. Например, тогда, когда при определенно-положительной квадратичной функции Ляпунова V отрицательная производная $\dot{V}_{об}$, находимая в силу системы объекта, удовлетворяет неравенству $\dot{V}_{об}<\dot{V}<0$. Действительно, если за модель принять сам объект

$$\dot{z}=f_0(z,t),\quad f_0(z,t)=A_0(z,t)z, \tag{20}$$

то, приравнивая правые части системы скользящего режима (12) на некотором подвижном многообразии скольжения объекта $S_{об}$

$$S_{об}(s_{об}=C_{об}(t)x=0)\ \forall x\in\Omega_x,\ \forall t\in I=(t_0,t_k],\ t_k<\infty, \tag{21}$$

и модельной системы (20)

$$[E-B_0(x,t)(C_{об}(t)B_0(x,t))^{-1}C_{об}(t)]f_0(x,t)-B_0(x,t)(C_{об}(t)B_0(x,t))^{-1}\dot{C}_{об}(t)x=f_0(z,t), \tag{22}$$

получаем при совпадении их начальных условий, $x(t_0)=z(t_0)$, тождественное совпадение решений $x(t)\equiv z(t)$ данных систем дифференциальных уравнений (12), (20) и с учетом соотношения $f_0(z,t)=A_0(z,t)z$ систему для определения матрицы $C_{об}(t)$ многообразия скольжения объекта

$$\dot{C}_{об}(t)=-C_{об}(t)A_0(z,t). \tag{23}$$

Начальные условия матрицы $C_{об}(t_{\text{п}})$ задаются для возникновения скользящего режима с момента $t=t_{\text{п}}$ переключения с многообразия $S(5)$ на многообразие $S_{об}$ (21). С этой целью прохождение многообразия скольжения $S_{об}$ (21) через точку состояния $x(t_{\text{п}})$ исходной системы обеспечивается нахождением $C_{об}(t_{\text{п}})$ по системе линейных алгебраических уравнений, следующей из условия:

$$s_{об}(t_{\text{п}})=C_{об}(t_{\text{п}})x(t_{\text{п}})=0.$$

Такие же действия осуществляются по пересчету матрицы $C(t_{\text{п}})$ в моменты $t=t_{\text{п}}$ обратного переключения на матрицу $C(t)$ многообразия $S(5)$: $s(t_{\text{п}})=C(t_{\text{п}})x(t_{\text{п}})=0$, когда $\dot{V}_{об}>\dot{V}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-01-31336 мол_а.

Литература

1. Мещанов А.С. Уравнения скольжения на подвижных многообразиях и синтез векторных управлений для нелинейных объектов при неопределенных возмущениях. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2008, № 2, с. 51–56.
2. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.
3. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. М., Наука, 1974. – 272 с.
4. Мещанов А.С. Анализ устойчивости и синтез систем управления с нелинейными нестационарными объектами при неопределенных возмущениях. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2010, № 2, с. 110–117.
5. Мещанов А.С. Идентификация и компенсация возмущений в управлении нелинейными объектами. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2010, № 3, с. 164–173.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОТОПЛЕНИЮ ЧАСТНОГО ДОМА

Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

ENERGY APPLIED TO PRIVATE HOME HEATING

Barysheva O.B., Khabibullin Iu.Kh.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

В нашей стране газ всегда был дешевым энергоресурсом, поэтому большинство котельных строились из расчета, что сжигаться будет газ, и даже туда, где использовался каменный уголь или мазут, пришел газ. Но постепенно цены на сырье стали расти, и мы начали искать альтернативу природному газу.

Annotation

In our country, gas has always been cheap energy, and most boilers were built at the rate that will be burned gas, and even there, where it was used coal or oil, gas came. Gradually, however, commodity prices began to rise, and we started looking for an alternative to natural gas.

Актуальность

В период кризиса всегда встают вопросы экономики на первый план. Человек начинает задумываться, что ему более выгодно в тех или иных ситуациях. И перестраиваться, чтобы легче пережить кризисный период. Энергосбережение как больших объектов, так и малых всегда является актуальной темой. Рассмотрим подробнее некоторые моменты.

Альтернатива природному газу

Газ в частном доме в основном используется для приготовления пищи, подогрева воды и отопления. Климатические условия в нашей стране таковы, что расходы на оплату газа велики, даже при установленных приборах учета. Ежегодно стоимость газа для населения неуклонно растет в среднем на 10–15 %, поэтому вопрос об экономии газа становится очень актуальным [1]. Рассмотрим всё это применительно к среднестатистическому частному дому с момента покупки дома и подключения к сети.

Итак,

1. Природный газ

Первые затраты на газ бывают при покупке земли под строительство частного дома, бани, гаража. Обычно участок, близлежащий к магистральному газопроводу, дороже на 20–30 тыс. руб. за каждую сотку. Поскольку садовые товарищества, как правило, далеко расположены от магистрали, то там участки стоят намного дешевле именно из-за отсутствия природного газа. В этом случае целесообразно применять СУГ.

Самым затратным этапом является подведение газа до участка. Так, например, в Казани довести газопровод до участка – это не менее 100 тыс. руб. Если подводить к одному дому, исключая из планов соседей, то это вовсе дорого. Если взять соседей в расчет, то и здесь может быть риск снижения давления подачи газа из-за повышенного потребления. Подключение дома, включая получение разрешительной документации, потребует еще порядка 100 тыс. руб.

Оснащение стандартного загородного дома площадью 100 м^2 газовым котлом, радиаторами, трубами и сама работа обойдется в сумму от 100 тыс. руб. и выше. Однако это не гарантирует отсутствия последующих затрат, например, из-за покупки некачественного котла или другого оборудования, на которое снова придется отсчитывать финансы. Также газовое оборудование требует периодического технического обслуживания или обязательной проверки технического состояния.

Указанные первоначальные затраты дают домовладельцам повод для отказа от газового отопления в пользу электрического.

2. Электричество

Электрические стержневые системы обогрева – это совершенно новое решение для рынка в РФ.

Стержни необходимой длины просто укладываются на пол, соединяются между друг другом и подключаются к пульту управления (терморегулятору), после чего заливаются цементной стяжкой толщиной от 5 до 15 см. Эта конструкция полностью заменяет батареи или радиаторы и создает комфортную систему обогрева помещения. Для основной системы отопления стержнями достаточно уложить 60–70 % площади [2].

Известные современные варианты систем отопления сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Современные варианты систем отопления

HeatPlus 12	Система EcoOndol	Карбон
Это уникальная система отопления, которая идеально подходит для загородного дома. HeatPlus 12 – экономичные и безопасные нагревательные маты, преобразующие электрическую энергию в длинноволновое инфракрасное тепловое излучение. Толщина всего 0,89 мм! Может укладываться на стены, пол или потолок. Низкая стоимость, простота монтажа, высокая эффективность, экономичность, долговечность.	Это готовая конструкция из параллельно соединенных бронированных стержней из нержавеющей стали. Параллельность соединения делает конструкцию EcoOndol чрезвычайно надежной, т.к. выход из строя одного или нескольких стержней не сказывается на работоспособности системы в целом. Кроме того, это дает возможность придавать любую форму системе обогрева. Диаметр стержней – 8 мм. Стержни полностью герметичны и влагостойки.	Используется как источник тепла при подключении к 220В выделяет больше тепловой энергии, чем др. материалы, используемые в кабельных системах, при том же электропотреблении. Нет необходимости прогревать бетонную стяжку, ввиду её отсутствия. Инфракрасный тёплый пол греет сразу напольное покрытие (при нагреве ламината, линолеума, ковровых покрытий) либо 1-1,5 см слой плиточного клея (при нагреве керамогранитной или керамической плитки).
Гарантированный срок службы 50 лет		

Приблизительно рассчитаем сколько будет стоить отопление среднестатистического дома в 100 м^2. Для расчета выберем систему отопления HeatPlus 12. Для создания отопительной системы HeatPlus 12 в частном доме необходимо уложить на всю отапливаемую площадь теплоизоляционную подложку HeatPlus, и на ~70 % площади отопительную пленку HeatPlus 12 мощностью 60 Вт/м^2, при комфортной температуре 22–30 °С.

Приближенные расчеты стоимости отопления среднестатистического дома в 100 м^2 сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Стоимость отопления среднестатистического дома в 100 м²

Наименование	Количество х цена	Стоимость, руб.*
Теплоизоляционная подложка HeatPlus	50 м х 144 руб./м² (2 рулона)	28800
Отопительная пленка HeatPlus 12 мощностью 60 Вт/м²	70 м² х 1499 руб./м²	104930
Реле ТР-102 (для снижения пиковой нагрузки)	1 шт. х 4000 руб.	4000
Терморегулятор для каждой комнаты для возможности регулировки температуры непосредственно из комнаты	4 комн. х 1900 руб.	7600
Рулон изоляционной ленты PP HeatPlus 50 м	1 рулон х 800 руб.	800
Рулон изоляционной ленты IN HeatPlus 5 м	1 рулон х 400 руб.	360
Провода для монтажа пленки	–	600
Итого на дом в 100 м²:		147090
* – цены на декабрь 2014 года		

Стоимость одного квадратного метра отопления HeatPlus 12 составит 1470,9 руб.

Резюме

На первоначальном этапе покупки участка и выбора способа отопления частного дома выгоднее пользоваться системой теплых полов и т.п. Прокладка газовых сетей и монтаж оборудования окупится не ранее чем через 15 лет и более, ввиду ежегодного роста цен на голубое топливо.

Литература

1. http://home.finance.ua/articles/article/3
2. http://vnegoroda.com/otoplenie-doma-gaz-ili-elektrichestvo

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Кантюков Р.Р., Тамеев И.М.,
ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань,
Саиткулов В.Г., Саиткулов Н.О.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань,
Хуснутдинов Ш.Н.,
ООО «Фирма «Мера», пгт Васильево

RESOURSE CONSERVATION DURING USE OF GAS TURBINE

Kantyucov R.R., TameevI.M.,,
LLC «Gazprom transgaz Kazan», Kazan
Saitkulov V.G., Saitkulov N.O.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan
Khusnutdinov Sh.N.,
LLC «Firma «Mera», Vasilevo

Аннотация

Приведены особенности контроля фактического состояния материала лопаток газовой турбины в процессе эксплуатации. Получено экспериментальное подтверждение применения ультразвукового способа контроля, основанного на установке на поверхность контролируемой лопатки в месте контроля материала лопатки из сплавов раздельно-совмещенного пьезоэлектрического преобразователя, вводе импульсов ультразвуковых колебаний в материал лопатки через ее внешнюю поверхность и приеме смеси отраженных ультразвуковых колебаний от неоднородностей структуры материала лопатки. По величине отраженного сигнала судят о деградации материала лопатки. Способ позволяет организовать эксплуатацию лопаток по состоянию.

Annotation

The article gives us valuable information on peculiarities of the actual control state of the material of gas turbine blades during operation. It should be emphasized that experimental confir-mation of application of ultrasonic control method based on the installation of the surface-controlled blades in place control blade material alloy dual piezoelectric element transducer. It is also experimentally confirmed based on the input pulses of ultrasonic vibrations in the material of the blade through its outer surface, a mixture of reception of reflected ultrasonic vibrations from the inhomogeneities of the material structure of the blade. It is specially noted that the magnitude of the reflected signal is judged on the degradation of the material of the blade. This method is given to organize the operation of the blades, but it depends on operation.

Введение

При эксплуатации газоперекачивающих агрегатов их наиболее нагруженными элементами являются лопатки газовых турбин. Они подвергаются одновременному воздействию высоких температур рабочей среды, значительным статическим и динамическим воздействиям. Поэтому фактическое состояние материала лопаток имеет первостепенное значение для обеспечения безопасной эксплуатации газоперекачивающего агрегата и сохранения его режимных параметров.

При изменяющихся во времени нагрузках пользуются теорией, основанной на понятии накопления в металле микроскопических повреждений [1]. Микроскопические повреждения выявляются путем применения разрушающих методов контроля, связанных с изготовлением микрошлифов и последующим анализом структуры материала с помощью электронного микроскопа с высокой разрешающей способностью.

Разработан способ оценки фактического состояния микроструктуры материала по величине и характеру отраженного ультразвукового сигнала от структурных неоднородностей с последующим прогнозированием допустимости дальнейшей эксплуатации лопатки [2].

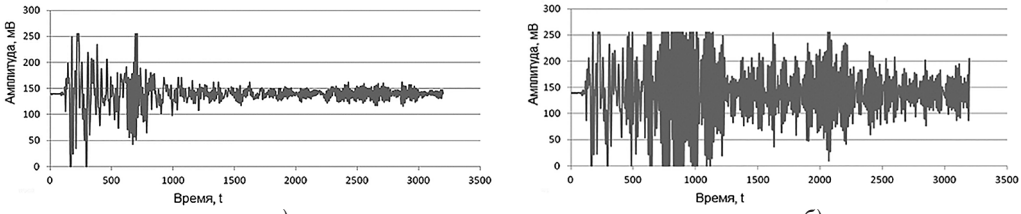
Способ оценки состояния материала лопаток

Сущность способа заключается в установке на поверхность контролируемой лопатки в месте контроля материала лопатки из сплавов раздельно-совмещенного пьезоэлектрического преобразователя, вводе импульсов ультразвуковых колебаний в материал лопатки через ее внешнюю поверхность и приеме смеси отраженных ультразвуковых колебаний от неоднородностей структуры материала лопатки, и по величине отраженного сигнала судят о деградации материала лопатки. Способ позволяет организовать эксплуатацию лопаток по состоянию.

На рис. 1 представлены осциллограммы отраженного ультразвукового сигнала от микроструктуры материала лопаток: а) до эксплуатации; б) с эксплуатационной наработкой

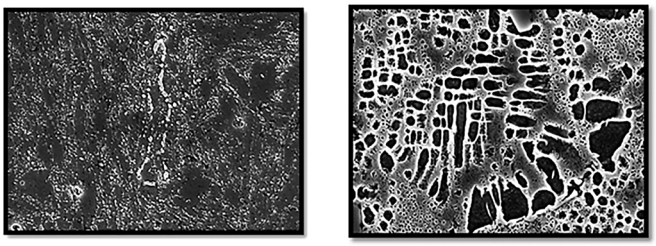
На рис. 2 приведены изображения микрошлифов, изготовленных для областей ультразвукового контроля для лопаток: а) до эксплуатации; б) с эксплуатационной наработкой.

Осциллограммы, приведенные на рис. 1 получены с использованием диагностического комплекса «Ресурс-102», а изображения микрошлифов на рис. 2 получены с применением электронного сканирующего микроскопа Auriga CrossBeam с программным обеспечением SmartSem, с разрешающей способностью несколько единиц нм.



а) *б)*

Рис. 1. Осциллограммы отраженного ультразвукового сигнала от микроструктуры материала лопаток: а) до эксплуатации; б) с эксплуатационной наработкой



а) *б)*

Рис. 2. Изображения микрошлифов, полученных для областей ультразвукового контроля

Из сравнения рис. 1, 2 видно наличие корреляционной связи между амплитудой отраженного ультразвукового сигнала и увеличением размеров неоднородностей микроструктуры материала, которые характеризуют зарождение микроскопических повреждений, предшествующих разрушению лопатки.

Разработанный способ неразрушающего контроля фактического состояния материала лопаток газовых турбин газоперекачивающих агрегатов применяется в процессе входного контроля, диагностики и плановых ремонтов на компрессорных станциях ООО «Газпром трансгаз Казань».



Рис. 3. Исчерпание ресурса направляющих лопаток обоймы (197.003.02 СПА). Материал - ЭП539ЛМУ; ГПА - 3, ГТН - 25/76 (Ямбург - Зап. Граница)

Из рис. 3 видно, что лопатки на одной обойме имеют различное исчерпание ресурса при одинаковой наработке и не наблюдается закономерности исчерпания ресурса в зависимости от их расположения на обойме. Таким образом, исчерпание ресурса лопатки зависит от ее наследственных свойств.

Выводы

Разработанный способ неразрушающего контроля реального состояния материала лопаток газовой турбины позволяет обеспечить как входной контроль, так и обоснованное продление срока эксплуатации лопаток. Это в конечном счете позволяет добиться значительного ресурсосбережения и экономического эффекта, а также снизить импортозависимость.

Контроль величины стандартного отклонения смеси отраженных ультразвуковых колебаний, характеризующих степень деградации материала лопаток, является эффективным средством для перехода на эксплуатацию лопаток газотурбинных двигателей по состоянию.

Литература

1. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.
2. Патент РФ №2329498 «Способ ультразвукового контроля детали из сплавов (варианты)», Кантюков Р.А. и др., 20.07.2008.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТНОГО ШЛАМА ТЭС ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Николаева Л.А., Исхакова Р.Я.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

PROSPECTS OF CARBONATE SLUDGE USING IN BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT OF CHEMICAL INDUSTY

Nikolaeva L.A., Iskhakova R.Ya.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по использованию карбонатного шлама тепловых электрических станций (ТЭС) в качестве сорбционного материала при очистке сточных вод. Эффективность биологической очистки повышается по показателям ХПК, БПК5, концентрация аммонийного азота, фосфат-ионов за счет взаимодействия шлама с микроорганизмами активного ила. Приведено теоретическое обоснование изменения кривых по основным исследуемым параметрам во времени. Использование карбонатного шлама позволяет реализовать принцип ресурсосбережения на биологических очистных сооружениях.

Annotation

The paper presents the results of experimental studies on the use of heat power stations carbonate sludge as sorption material in wastewater treatment. The efficiency of biological treatment (COD, BOD5, concentration of ammonia, phosphate ion) is in-creased due to the interaction between the carbonate sludge and activated sludge microorganisms. A theoretical substantiation of the main parameters variation over time is shown.

В настоящее время перспективным является использование различных отходов производства в качестве вторичных материальных ресурсов. К таким отходам относится шлам, образующийся при подготовке добавочной воды парогенераторов на ТЭС. Химический состав шлама представлен преимущественно карбонатом кальция.

Также остро стоит вопрос повышения эффективности биологической очистки за счет комбинирования с другими методами, так как традиционный подход к обезвреживанию вод в аэротенках не всегда позволяет проводить очистку до значений нормативов допустимого сброса в водоем.

Работа посвящена исследованию взаимодействия карбонатного шлама и микроорганизмов активного ила при адсорбционно-биологической очистке сточных вод во времени. Ранее [1] авторами установлено, что шлам совместно с активным илом способен повышать эффективность очистки по показателю ХПК, БПК5, снижать концентрацию аммоний-иона и фосфат-ионов.

Кинетические экспериментальные исследования проводили на сточных водах предприятия химической промышленности – ОАО «Казанский завод синтетического каучука» с использованием лабораторной установки биологической очистки «аэротенк-отстойник». Значения показателей ХПК, БПК5, концентрация аммонийного азота, фосфат-ионов определялись в соответствии с методиками, рекомендованными ведомственным экологическим контролем. В сточных водах концентрация активного ила составляла 1,5 г/дм^3. Доза шлама – 0,6 мг/дм^3. Аналитический контроль качества воды проводился из проб, отобранных из модельного аэротенка.

На рисунке 1 и 2 представлена кинетическая зависимость снижения показателя ХПК и БПК5 при проведении биологической и адсорбционно-биологической очистки.

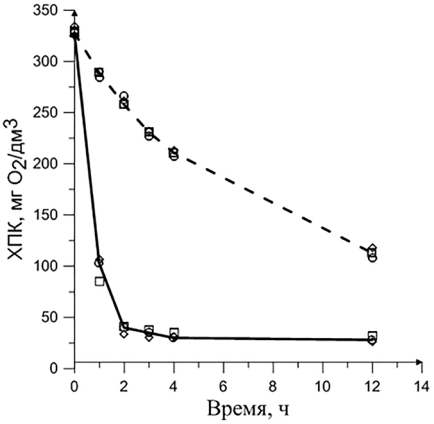


Рис. 1. Изменение показателя ХПК во времени

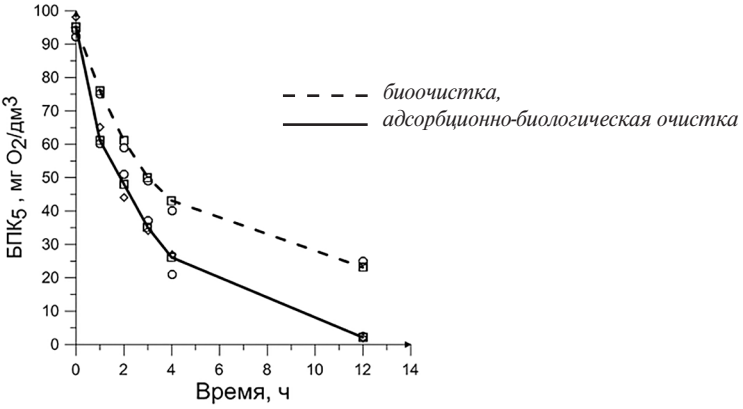


Рис. 2. Изменение показателя БПК5 во времени

Кинетическая кривая изменения ХПК показывает, что в первые 2 часа контакта со сточной водой процесс адсорбционно-биологической очистки протекает с максимальной интенсивностью. Снижение показателя ХПК связано с сорбцией биорезистентных компонентов шламом водоподготовки. Как видно из рисунка 1, при проведении биологического окисления биорезистентные компоненты не извлекаются из сточных вод.

Изменение показателя БПК5 на рисунке 2 при адсорбционно-биологической очистке интенсивнее в первые часы контакта, так как происходит прикрепление активного ила к поверхности шлама с образованием биопленки.

На рисунке 3 и 4 представлена кинетическая зависимость снижения концентрации аммонийного азота и фосфат-ионов при проведении биологической и адсорбционно-биологической очистки. Концентрация аммонийного азота (рис. 3) существенно снижается в течение первых трех часов контакта со сточной водой, через 12 часов эффективность очистки составляет 94 %.

При введении карбонатного шлама происходит изменение pH в сторону слабощелочной среды, что приводит к увеличению скорости роста нитрифицирующих бактерий, создается оптимальная среда для проведения процесса нитрификации. Также аммонийный азот удаляется за счет более интенсивной адсорбции и последующего окисления органического субстрата, влияющего на процесс нитрификации. Как видно из рисунка 3, при биологической очистке процесс нитрификации тормозится в первые часы за счет присутствия органических соединений.

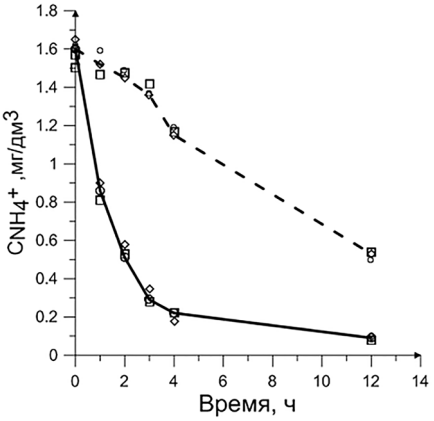


Рис. 3. Изменение концентрации NH_4+ во времени

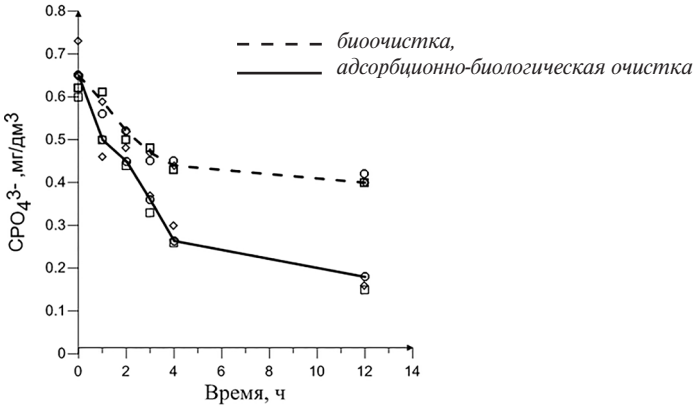


Рис. 4. Изменение концентрации PO43- во времени

Также твердая поверхность стимулирует способность нитрифицирующих микроорганизмов к иммобилизации на ней.

Кинетическая кривая изменения концентрации фосфат-ионов при проведении адсорбционно-биологической очистки показывает, что в течение первых 4 часов происходит резкое снижение фосфат-ионов (рис. 4).

Очистка от фосфат-ионов может объясняться аккумуляцией примеси в хлопьях ила. Седиментационные свойства биоценоза активного ила при введении шлама повышаются, снижается вынос ила из аэротенка, в связи с чем происходит снижение концентрации фосфат-ионов. Помимо адсорбции при очистке сточных вод от фосфат-ионов происходит хемосорбция. Катионы Ca^{2+} способны вступать в реакцию с анионами PO_4^{3-} с образованием на поверхности шлама малорастворимых кристаллов фосфата кальция.

Таким образом, совместное проведение в одном реакторе биологической и адсорбционной очистки является перспективным способом, сочетающим в себе преимущества физико-химических и биологических методов очистки производственных стоков.

Литература

1. Николаева Л.А., Исхакова Р.Я. Очистка сточных вод промышленных предприятий на основе биосорбционной технологии // Теплоэнергетика. 2012. – № 3.– С. 78–80.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

METHOD OF CALCULATING THE THERMAL INSULATION PROPERTIES OF ENERGY-SAVING MATERIALS

Khabibullin Iu.Kh., Barysheva O.B.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

В современных условиях энергосбережение является важнейшей задачей. Одним из путей экономии энергоресурсов является создание новых теплоизоляционных материалов. Мы представляем метод расчета теплозащитных свойств энергосберегающих материалов.

Annotation

In modern conditions energy efficiency is the most important task. One way to save energy is to create new insulating materials. We present a method for calculating the thermal insulation properties of energy-saving materials.

Актуальность

Теплоизолирующие покрытия, созданные на основе минеральных и синтетических полых микросфер, начинают постепенно вытеснять традиционные теплоизоляционные материалы. Вместе с тем можно констатировать, что на сегодняшний день теплофизические свойства этих покрытий в достаточной степени не изучены [1].

Методика определения теплотехнических свойств теплозащитных покрытий

В действующих стандартах РФ определение коэффициента теплопроводности теплозащитных покрытий, предназначенных для трубопроводов систем теплоснабжения, осуществляется путем измерения характеристик и плоских образцов в стационарном температурном поле при комнатной температуре, что не соответствует условиям эксплуатации и приводит к значительным погрешностям в оценке коэффициента теплопроводности.

Например, согласно ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные – метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» определение коэффициента теплопроводности теплоизолирующих материалов осуществляется посредством создания стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым (наибольшим) граням образца, а также измерения плотности этого теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца.

Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме требует соблюдения условия $\delta \le e/5$, где δ – толщина слоя испытуемого теплоизоляционного материала, e – длина ребра лицевой грани, а в процессе испытания разность температур лицевых граней образца должна составлять 10–30K.

Коэффициент теплопроводности определяется формулой [2]:

$$\lambda_{эфф} = \delta \cdot q/(T_1 - T_2), \quad (1)$$

где T_1 – температура горячей лицевой грани испытуемого образца, K; T_2 – температура холодной лицевой грани испытуемого образца; q – плотность стационарного теплового потока, Вт/м^2 .

Зависимость (1) получена на основе вывода уравнения теплопроводности применительно к стационарным условиям и базируется на законе Фурье:

$$Q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} F, \quad (2)$$

где n – нормаль к изотермической поверхности; F – площадь поверхности, м^2; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К).

Дифференциальное уравнение теплопроводности для одномерного температурного поля:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{k-1}{2} \frac{\partial t}{\partial r} = 0, \quad (3)$$

где r – текущая координата; $k = 1, 2, 3$ – соответственно для пластины, цилиндра и шара.

Решением дифференциального уравнения (3) для неограниченной плоской стенки является зависимость (1).

Необходимо учитывать, что уравнение (3) справедливо для тел, физические свойства которых не зависят от температуры, материал образца однороден, тепловой поток направлен перпендикулярно к лицевой грани образца, а сам образец имеет неограниченные размеры (неограниченная плоская стенка).

На практике при использовании устройств для определения коэффициента теплопроводности на плоском образце без подогретой охранной зоны на боковых гранях значительная часть теплового потока проходит через эти грани, что приводит к большим погрешностям при определении этого значения.

Зависимость (1) справедлива в том случае, когда средняя температура испытуемого образца приблизительно равна температуре окружающей среды. В реальных условиях температура теплоносителя тепловых водяных сетей составляет 50-180 °С, а разность температур между стенками трубопроводов и окружающей среды достигает 200 °С.

Известно [2], что в слое теплоизоляции на криволинейных поверхностях характер распределения температуры в слое не является линейным.

Использование образцов цилиндрической формы для определения коэффициента теплопроводности позволяет создавать существенный перепад между температурой стенки и температурой окружающей среды. Увеличение данного температурного перепада приводит к значительному повышению прочности определения коэффициента теплопроводности теплозащитных материалов и дает возможность смоделировать условия, близкие к реальным.

Потери тепла через боковые грани плоского образца без подогретой охранной зоны существенно больше, чем на образце цилиндрической формы, достигают 20 %.

Именно поэтому использование образца цилиндрической формы для определения коэффициента теплопроводности энергосберегающего покрытия трубопроводов является более предпочтительным, чем использование образца плоской формы.

Для цилиндрической стенки уравнение (3) записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r \frac{dt}{dr}\right) = 0. \quad (4)$$

Интегрируя это выражение, находим:

$$T = c_1 \ln r + c_2. \quad (5)$$

Постоянные c_1 и c_2 можно найти из граничных условий I-го рода:

$$T(r)\Big|_{r = r_1} = T_1 \text{ и } T(r)\Big|_{r = r_2} = T_2, \quad (6)$$

где r_1 и r_2 – радиусы наружной внутренней поверхности слоя теплоизоляции; r – текущий радиус ($r_1 \le r \le r_2$); T_1 и T_2 – температуры наружной внутренней поверхности слоя теплоизоляции.

Далее находим

$$T = T_1 - (T_2 - T_1)\frac{\ln\frac{r}{r_1}}{\ln\frac{r_2}{r_1}} . \quad (7)$$

Полученное выражение представляет собой уравнение логарифмической кривой, т.е. распределение температуры в слое теплоизоляции является криволинейным.

Из закона Фурье следует:

$$q = -\lambda\frac{dt}{dr} = \lambda\frac{(T_1-T_2)}{r_1\ln\frac{r_2}{r_1}} . \quad (8)$$

В итоге коэффициент теплопроводности образца теплоизоляции цилиндрической формы можно найти по формуле:

$$\lambda = q\frac{r_1\ln\frac{r_2}{r_1}}{(T_1-T_2)} . \quad (9)$$

Известно, что толщина теплоизоляции и количество ее слоев сказывается на ее термическом сопротивлении.

Для однослойной цилиндрической изоляции:

$$R = \frac{(T_1-T_2)}{q} = \frac{r_1}{\lambda}\ln\frac{r_2}{r_1} . \quad (10)$$

Для многослойной изоляции:

$$R = \frac{(T_1-T_{n+1})}{q} = \sum_{i=1}^{n}\frac{r_1}{\lambda_1}\ln\frac{r_{i+1}}{r_i} . \quad (11)$$

Для реализации методики необходима разработка и изготовление опытной установки.

Резюме

Предложена методика определения коэффициента теплопроводности и термического сопротивления энергосберегающих покрытий, сформированных на поверхности трубопроводов оборудования систем теплоснабжения и вентиляции.

Литература

1. Рыженков В.А. и др. Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 6. – С. 48–49: илл.
2. Исаченко В.П. и др. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ГТЭ-110 И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ В СОСТАВЕ БЛОКА 300 МВт

Машина Н.Н.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

THE INCREASE IN THERMAL EFFICIENCY DUE TO TEAMWORK GAS TURBINE PLANT GTE-110 AND POWER BOILER FOR SOLID FUELS AS PART OFBLOCK 300 MW

Mashina N.N.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В статье рассматривается новое направление совместной работы газотурбинной установки с паросиловой частью блока. Оно заключается в том, что цикловой воздух после воздушного компрессора газотурбинной установки догревается в энергетическом котле на твердом топливе и возвращается в камеру сгорания газотурбинной установки. Использование этого направления позволяет снизить расход природного газа за счет подвода дополнительного тепла и повысить коэффициент полезного действия газотурбинного двигателя.

Annotation

The article discusses the new direction of the joint work of a gas turbine with steam power part of block. The meaning is that cyclic the air after the air compressor of the gas turbine installa-tion heats in the energy boiler that works on solid fuel and is returned into the combustion chamber installation of a gas turbine. Using this direction allows to reduce the consumption of natural gas due to the additional heat and increase the coefficient of efficiency of gas turbine engine

Энергетической стратегией России на период до 2030 года в качестве одной из мер для решения проблем электро- и теплогенерации предусматривается модернизация тепловых электростанций, работающих на газе по паросиловому циклу, и перевод их на парогазовый цикл работы. При этом старые мощности и низкоэффективное морально устаревшее оборудование будут выводиться из эксплуатации. Основным типом сооружаемых генерирующих мощностей станут парогазовые установки с высокими значениями коэффициента полезного действия.

Технический прогресс в современной энергетике связан в первую очередь с парогазовыми технологиями. Можно отметить несколько направлений, по которым реализуются парогазовые технологии: бинарные (утилизационные) ПГУ, ПГУ со сбросом уходящих газов после ГТУ в энергетический котел, параллельные схемы ПГУ, ПГУ с вытеснением регенерации высокого и низкого давления паровой ступени и подогревом конденсата и питательной воды уходящими газами ГТУ [1].

В данной работе рассматривается новое направление совместной работы ГТУ с паросиловой частью блока, отличающееся от перечисленных выше схем тем, что цикловой воздух после воздушного компрессора ГТУ догревается в твердотопливном энергетическом котле и возвращается в камеру сгорания газоугольной ГТУ (ГУ ГТУ).

Реализация такой схемы возможна как при техническом перевооружении ТЭС, так и при новом строительстве с использованием котла блока, работающего на любом виде топлива.

Необходимо изменить геометрию камеры сгорания для обеспечения нормального выхода циклового воздуха, а затем ввода его в камеру сгорания. Общий вид двигателя для совместной работы с котлом показан на рис. 1.

Для совместной работы ГТЭ-110 с энергетическим паровым котлом часть воздуха после воздушного компрессора с температурой около 402 °С в количестве 309,8 кг/с (или 86,7 % от общего расхода) должна поступать в ресивер и через патрубки в воздухоотводящую улитку,

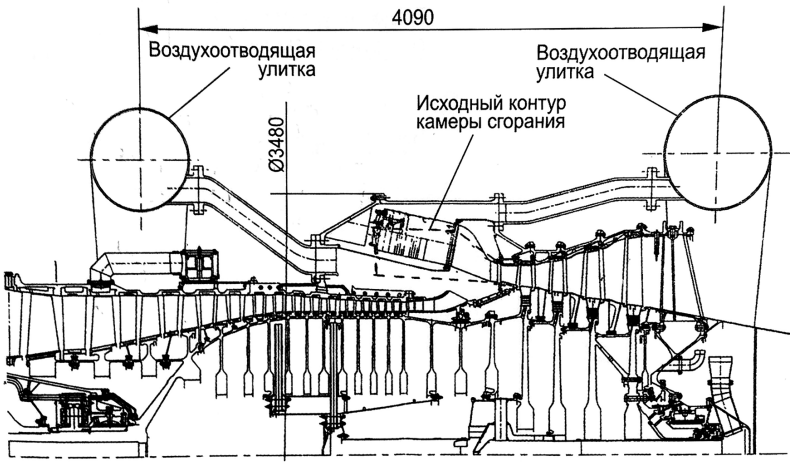


Рис. 1. Общий вид двигателя для совместной работы с котлом

откуда по воздуховодам в воздухоподогреватель котла, где будет нагреваться до температуры 600 °С. Таким образом, за счет подогрева циклового воздуха в котле при сжигании твердого топлива, в газотурбинном двигателе (ГТД) подводится дополнительно свыше 75 кДж/с тепла, что приводит к снижению расхода природного газа на ГТД и к повышению его условного эффективного КПД с 35 до 43 %.

Кроме того, в шахте за ГТЭ установлен подогреватель сетевой воды для снижения температуры уходящих газов после ГТЭ. Однако в реальных условиях его может и не быть, так как подогрев сетевой воды осуществляется отборами пара паровой турбины. В таком случае для снижения температуры уходящих газов в шахте устанавливаются подогреватель питательной воды, что повышает температуру питательной воды за экономайзером с 320 °С до 340 °С (т.е. на 4,5 %), а также подогреватели конденсата и питательной воды, частично замещающие регенерацию высокого и низкого давления К-300-240. При этом температура уходящих газов составляет 114 °С. В этих условиях расход угля в котле снижается примерно на 0,8 % [5].

Таким образом, экономичность ГУ ПГУ возрастает при использовании современных высокотехнологичных и экономичных газотурбинных установок. Модификация двигателя ГТД для работы в составе ГУ ПГУ с улитками для подвода и отвода циклового воздуха позволяет использовать его в качестве регенеративной ГТЭ на газотурбинных ТЭЦ, что может существенно повысить электрический кпд в неотопительный период.

Литература

1. Тауд Р. Перспективы развития тепловых электростанций на органическом топливе // Теплоэнергетика. – 2000. – № 2.
2. Длугосельский В.И. и др. Газотурбинные установки для теплофикации // Теплоэнергетика. – 2007. – № 12.
3. Справочные данные по турбоустановкам ТЭС для создания блоков повышенной эффективности. Ч. 1. Конденсационные установки. – СПб.: НПО ЦКТИ, 1994.
4. Фаворский О.Н. и др. Мировой опыт и перспектива внедрения ПГУ газотурбинных технологий в теплоэнергетику России на основе возможностей отечественного машиностроения // Теплоэнергетика. – 2007. – № 9.
5. Патент на изобретение № 2248452 от 30.03.2005. Энергетическая парогазовая установка с одновременным сжиганием твердого и газообразного топлива. Фаворский О.Н., Длугосельский В.И. и др.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С ЗАДАННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Сафин И.Ш.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

EXTERNAL WALLSDESIGNWITH SPECIFIED THERMAL CHARACTERISTICS

Safin I.Sh.,
Kazan state University of architecture and construction, Kazan

Аннотация

В процессе эксплуатации зданий происходит диффузия парообразной влаги через ограждение в наружный воздух. Это определяет влажностный режим стены, особенно в случае конденсации парообразной влаги в ограждении, т.к. теплопроводность воды больше теплопроводности воздуха. При этом ослабляется теплозащита наружных стен, усиливаются коррозионные процессы, снижается долговечность ограждающих конструкций.

При целенаправленном конструировании наружных стен можно обеспечить ненакопление конденсата и снизить тем самым негативное воздействие влаги.

Annotation

The vapor diffusion of moisture happens through the fence into the outer airduring the operation of buildings. This determines the humidity regime of the wall, especially in the case of vap-orous moisture condensation in the fence, because the thermal conductivity of water is higher than the thermal conductivity of air. The thermal insulation of external wallsis reduced, corrosion processesare enhanced, walling durability is reduced.

With purposeful design of external walls is to ensure that no accumulation of condensate and thereby decrease the negative effects of moisture.

Введение

Современные наружные стены выполняют в виде многослойных конструкций, состоящих из трех основных функциональных слоев: конструкционного, теплоизоляционного и облицовочного. Каждый слой выполняет свои функции: конструкционный слой обеспечивает прочность и надежность стены, теплоизоляционный слой – теплозащитные характеристики, а облицовочный – защищает стену от различных атмосферных воздействий и придает фасаду завершенный вид.

Каждый из перечисленных слоев вносит вклад в формирование процессов теплопередачи и паропроницания [1,2], поскольку материалы этих слоев имеют два теплофизических параметра: коэффициент теплопередачи λ_i(Вт/(м·°С)) и коэффициент паропроницаемости μ_i (мг/(м·ч·Па)).

При проектировании наружных стен материальным слоям придается определенная толщина (δ_i) и слои обретают характеристики сопротивления теплопередаче $R_{ті}=\delta_i/\lambda_i$, (м^2·°С)/Вт и сопротивления паропроницанию $R_{пі}=\delta_i/\mu_i$ (м^2·ч·Па)/мг. От величин параметров ($R_{ті}$) и ($R_{пі}$) в свою очередь зависит распределение по сечению стены температур (τ_i), максимальной (E_i) и действительной (e_i) упругости водяного пара и в конечном счете наличие (если $E_i \le e_i$) или отсутствие конденсации (если $E_i > e_i$). Важнейшим фактором является ненакопление парообразной влаги и её конденсирование в слоях ограждающих конструкций.

Таким образом, при проектировании наружных стен нужно учитывать следующие факторы, влияющие на процессы конденсирования парообразной влаги внутри стен:

- взаимное расположение материальных слоев;
- соотношения между $R_{ті}$ и $R_{пі}$ по сечению ограждения;
- свойства наружного облицовочного слоя.

Определим вклад каждого конструктивного параметра и их сочетаний в процессы конденсации парообразной влаги в наружных ограждающих конструкциях.

Влияние взаимного расположения материальных слоев

Влияние данного фактора рассмотрим на примере двух вариантов двухслойного ограждения с расположением теплоизоляционного слоя со стороны помещения (рис. 1а) и с наружной стороны (рис. 1б). Анализ этих данных показывает, что общее сопротивление теплопередаче ограждения ($R_{ТО}$) и общее сопротивление паропроницанию ограждения ($R_{ПО}$) не зависят от взаимного расположения слоев:

$$R_{ТО} = R_{Т1} + R_{Т2} = R_{Т2} + R_{Т1} \quad (1)$$

$$R_{ПО} = R_{П1} + R_{П2} = R_{П2} + R_{П1} \quad (2)$$

С точки зрения энергосбережения и расчета теплопотери оба варианта двухслойного ограждения одинаковы и соответствуют требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [1].

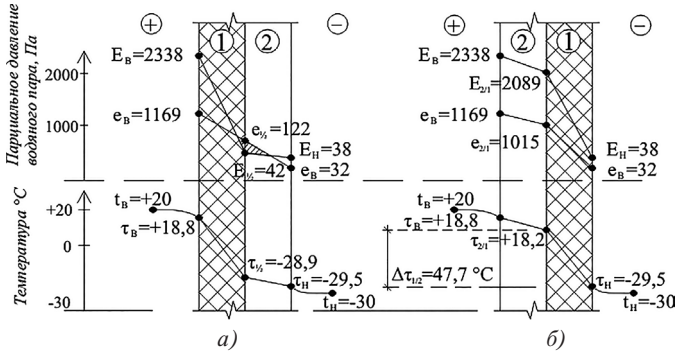


Рис. 1. Распределение температур (t и τ), действительных (e) и максимальных (E) давлений водяного пара по сечению наружной стены: а) стена, утепленная изнутри; б) стена, утепленная снаружи (1 – теплоизоляционный слой; 2 – несущий слой; заштрихованная треугольная область на рис. а – зона конденсации водяного пара)

С точки зрения паропроницаемости и возникновения конденсата эти варианты различны. Первое различие заключается в величине температур на стыке слоев (сечения 1/2 и 2/1). В варианте *а*: $\tau_{1/2}$ = -28,9 °С, в варианте *б*: $\tau_{2/1}$ =+18,2 °С. В соответствии с этими температурами различными оказываются значения максимальной упругости водяного пара в этих сечениях: по варианту а: $E_{1/2}$ = 42 Па, по варианту б: $E_{2/1}$ = 2089 Па. По варианту а значение $E_{1/2}$ оказалось меньше значения $e_{1/2}$, что и определило появление конденсата на стыке слоев. Из этого следует, что взаимное расположение слоев стены не отражается на теплопотерях ограждения, но значимо влияет на процессы конденсации парообразной влаги.

Для многослойных ограждений более применимыми оказываются рекомендации Роджера [3], в которых паропроницаемость слоев (Gsi= 1/ Rпi) определяется как величина, обратная сопротивлению паропроницанию слоя Rпi. Это ограждение не будет накапливать влагу, если величина паропроницаемости слоев возрастает от внутренней поверхности к наружной:

$$G_{SB} < G_{S1} < G_{S2} < \ldots < G_{SH} \quad (3)$$

Паропроницаемость слоя является так называемой «пропускной способностью» слоя, и если слои ограждения расположить в порядке возрастания «пропускной способности» от внутренней поверхности к наружной (формула 3), то можно ожидать беспрепятственного

прохождения парообразной влаги через ограждение. Если неравенство для конкретного ограждения не выполняется, то это указывает на проблемные сечения в расположении слоев.

Влияние соотношений между сопротивлениями теплопередаче и паропроницанию слоев ограждения

На процесс конденсации парообразной влаги влияют две главные теплофизические характеристики ограждения: сопротивление теплопередаче и сопротивление паропроницанию. Эти характеристики ограждения влияют на процесс конденсации «с разных сторон». От сопротивления теплопередаче слоев R_{Ti} и ограждения в целом R_{TO} зависит распределение температур по сечению ограждения (τ_i), а температура слоев в свою очередь определяет величину максимальной упругости водяного пара в тех же сечениях (E_i). От сопротивления паропроницания слоев $R_{Пi}$ и ограждения в целом $R_{ПО}$ зависит распределение действительной упругости водяного пара в порах материала по сечению ограждения (e_i).

Графически эти закономерности можно увидеть на двухкоординатном графике, где ось ординат представляет собой сопротивление теплопередаче ограждения в относительных единицах, а ось абсцисс – сопротивление паропроницанию того же ограждения в относительных единицах (рис. 2).

На графиках точка О представляет собой внутреннюю поверхность ограждения, а точка А – наружную. Каждая конструкция наружной стены имеет собственное соотношение между $\Sigma R_{Ti}/R_{TO}$ и $\Sigma R_{Пi}/R_{ПО}$ по сечению ограждения, что выражается определенной траекторией линии, идущей от точки О к точке А.

В многослойных конструкциях материальные слои имеют различную структуру, поэтому траектория линии О-А имеет вид ломаной линии. Излом линии происходит на стыках материальных слоев. В качестве примера на рис. 2 приведен график соотношений между сопротивлениями теплопередаче и паропроницанию трехслойного ограждения, состоящего из внутренней кирпичной кладки, утеплителя из пенобетона и наружной кирпичной облицовки. Из рис. 2 видно, что у внутренней поверхности сопротивление паропроницанию нарастает быстрее, чем сопротивление теплопередаче (точка Б, $\Sigma R_{Пi}/R_{ПО}$=0,573; $\Sigma R_{Ti}/R_{TO}$=0,237; точка Б расположена ниже диагонали). А перед наружной поверхностью доля сопротивления теплопередаче оказалась выше, чем доля сопротивления паропроницанию (точка В, $\Sigma R_{Ti}/R_{TO}$=0,897; $\Sigma R_{Пi}/R_{ПО}$=0,749; точка В расположена выше диагонали).

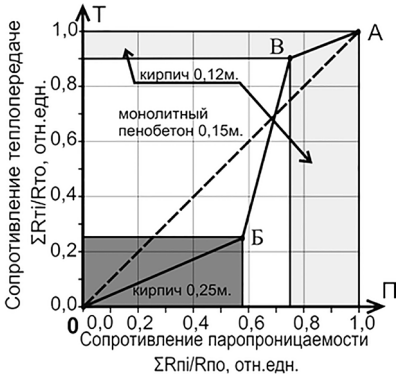


Рис. 2. Графики соотношений между сопротивлениями теплопередаче и паропроницанию в многослойном ограждении

Ненакопление влаги в конструкции будет при условии, когда точки изломов находятся на линии пропорциональности или ниже ее.

Представление на одном графике основных теплофизических характеристик материальных слоев многослойных наружных стен наглядно показывает вклад каждого слоя в сопротивление

теплопередаче стены (стрелка Т) и в сопротивление паропроницанию этой же стены (стрелка П). Изменяя вид материала (соотношение λ и μ) или толщину слоев (δ), можно регулировать траектории линии соотношений от точки О до точки А.

Влияние наружных облицовочных слоев

В соответствии с неравенством (4) наружный облицовочный слой должен обладать максимальной паропроницаемостью [4, 5]. Вместе с тем наружный облицовочный слой должен быть плотным, прочным и атмосферостойким.

В проектно-строительной практике используется большое количество конструкций наружных стен без воздушных прослоек, с облицовочным слоем из обычной или поризованной штукатурки, тонкого штукатурного слоя типа *Ceresit*, кирпичной облицовки.

Анализ влияния наружных облицовочных слоев на процессы конденсации парообразной влаги проведен на двух однотипных конструкциях наружных стен, отличающихся геометрическими параметрами, а следовательно, значениями $R_{то}$ и $R_{по}$. Конструкционный слой выполнен из силикатного кирпича толщиной в 1 кирпич (ρ_0=1800 кг/м^3; λ=0,87 Вт/(м·°С), μ=0,11 мг/(м·ч·Па)), теплоизоляционный слой – из минераловатного утеплителя Rockwool – 0,1 м (ρ_0=90 кг/м^3; λ=0,041 Вт/(м·°С); μ=0,3 мг/(м·ч·Па)). Внутренняя штукатурка выполнена из цементно-песчаного раствора (ρ0=1800 кг/м^3; λ=0,93 Вт/(м·°С); μ=0,09мг/(м·ч·Па)), а облицовочный слой – из растворов Ceresit CT-190 толщины 0,004 м (λ=0,12 Вт/(м·°С); μ=0,02 мг/(м·ч·Па)) и второй вариант из керамического эффективного кирпича толщиной в 0,5 кирпича (ρ_0=1600 кг/м^3; λ=0,58 Вт/(м·0С); μ= 0,14 мг/(м·ч·Па)).

Исследование ограждений показало, что увеличение сопротивления паропроницанию облицовочных слоев ограждения значимо влияет на процессы конденсации водяного пара в слое, ближайшем к наружной поверхности.

Выводы

Проведенные исследования влияния конструкции наружных стен позволили установить влияния различных конструктивных параметров ограждений на процессы конденсации в них парообразной влаги:

1. Взаимное расположение слоев в многослойном ограждении должно обеспечивать беспрепятственное прохождение парообразной влаги от внутренней поверхности ограждения до наружной.

2. Каждый материальный слой ограждений имеет два параметра: сопротивление теплопередаче R_{Ti} и сопротивление паропроницанию $R_{Пi}$, эти два свойства одного и того же материального слоя регулируют распределение температур и парциальных давлений водяного пара по сечению ограждения.

3. Увеличение сопротивления паропроницанию облицовочного слоя влияет на процессы конденсации парообразной влаги в слоях ограждения. С этой точки зрения наиболее оптимальными конструкциями являются фасадные системы с воздушной прослойкой перед облицовочным слоем. Воздушная прослойка может быть невентилируемой, когда парообразная влага удаляется из прослойки через технологические щели штучного облицовочного материала, и вентилируемой, когда парообразная влага удаляется из прослойки гравитационным потоком воздуха.

Литература

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – М., 2012. – 78 с.
2. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 132 с.
3. Роджерс Т.С. Проектирование тепловой защиты зданий. Пер. с англ.–М.: СИ, 1966. – 228 с.
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. и дополн. М.: СИ, 1973. – 287 с..
5. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш., Хабибуллина А.Г. К вопросу о паропроницаемости ограждающих конструкций // «ACADEMIA. Строительство и архитектура», 2009, № 5. – С. 504.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

Рыжков Д.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Каратаев О.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань,
Шамсутдинова З.Р.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

DETERMINING THE STATUS OF BUILDING ENVELOPES BY THE METHOD OF THERMAL IMAGING

Ryzhkov D.V.,
FSSEI HPE «Kazan state power engineering university»,
Karataev O.R.,
FSSEI HPE «Kazan national research technological university»,
Shamsutdinova Z.R.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Аннотация

Рассмотрен тепловизионный метод диагностики ограждающих конструкций сооружений, основанный на дистанционном измерении температурных полей поверхностей. Данный метод позволяет определить качественные и количественные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

Annotation

Considered thermal imaging diagnostic method of enclosing structures based on remote measurement of temperature fields of surfaces. This method allows to determine the qualitative and quantitative thermal performance of building envelopes.

Актуальной задачей при строительстве зданий и сооружений является полное соответствие между проектом и его реализацией в готовом виде.

При проектировании зданий закладываются сертифицированные данные теплопроводности материалов ограждающих конструкций, утеплителей, расчетные величины коэффициента теплотехнической однородности с учетом крепления утеплителей, обрамления оконных проемов и опор на монолитные перекрытия.

Установить данное соответствие можно спустя год после окончания строительства (чтобы большая часть влаги, накопившаяся в конструкциях от использования мокрых процессов, испарилась) путём проведения тепловых испытаний построенных зданий с целью выявления фактического удельного показателя энергоэффективности и возможных дефектов при строительстве.

Одним из таких испытаний является тепловизионный контроль. Такой метод может выявить локальные нарушения монтажа или ошибки в проекте, указывающие на недостаточную теплозащиту отдельных участков.

В связи с многообразием современных строительных материалов и технологий их строительства, а также повышением энергоэффективности зданий и сооружений тепловизионный метод диагностики и контроля состояния теплофизических свойств ограждающих конструкций является наиболее быстрым и удобным.

Диагностика ограждающих конструкций бесконтактным тепловизионным методом проводится в отопительный период при наличии естественного температурного напора между наружным и внутренним воздухом в здании, обусловленным работой системы отопления.

Тепловизионный метод основывается на измерении инфракрасного излучения в длинноволновом спектре волн в пределах поля зрения тепловизора.

Излучение, исходящее от объекта и регистрируемое тепловизором, состоит из излучаемого (ε), отраженного (ρ) и проходящего (τ) [1].

Сумма данных компонентов принимается за единицу:

$$\varepsilon+\rho+\tau=1$$

Поскольку коэффициент пропускания редко играет значительную роль на практике, им пренебрегают.

Метод тепловизионного контроля дает возможность:

– проводить в реальном времени температурные бесконтактные натурные обследования поверхности ограждающей конструкции;

– обнаружить скрытые дефекты строительства и определить сопротивление теплопередаче и другие теплотехнические характеристики ограждающих конструкций зданий и сооружений, а также участки с повышенным влагосодержанием;

– по результатам проведения контроля определить соответствие качества ограждающих конструкций и строительных работ нормативной документации и дать рекомендации по изменению строительных технологий и изготовлению ограждающих конструкций, а также проведению ремонта скрытых дефектов строительства.

Перед проведением контроля на основании конструкторской и технологической документации выполняют геометрическую привязку к линейным размерам объекта контроля, определяют зоны расположения элементов, имеющих отличные от основного материала теплофизические характеристики, влияющие на распределение температуры на поверхности контролируемой конструкции, уточняют по нормативной технической документации проектные параметры объекта контроля и допустимые дефекты [2].

Контроль начинают с определения температур заранее намеченных реперных зон контактным и бесконтактным методами и с установления реального коэффициента излучения контролируемой поверхности (при возможности проведения контактных измерений). При отсутствии возможности экспериментального определения коэффициента излучения пользуются справочными данными (табл. 1).

С целью определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций было проведено тепловизионное обследование зданий микрорайона «Деревня Универсиады».

Таблица 1.

Коэффициенты излучения (ε) наиболее распространенных строительных материалов [3]

Материал (температура материала)	Коэффициент излучения (ε)
Бетон (25 °С)	0,93
Гипс (20 °С)	0,90
Стекло (90 °С)	0,94
Гранит (20 °С)	0,45
Дерево (70 °С)	0,94
Пластик: PE, PP, PVC (20 °С)	0,94
Мрамор белый (40 °С)	0,95
Кирпичная кладка (40 °С)	0,93
Кирпич, известковый раствор, штукатурка (20 °С)	0,93

Для проведения обследования использовался тепловизор Testo 882 с диапазоном измерения от -20 до +550 °С и температурной чувствительностью <0,06 °С. Температура наружного воздуха составляла -6,2 °С, внутреннего +21,1 °С.

На рис. 1 представлена термограмма здания общежития Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма (ПГАВКСмТ) с указанием точек измерения $X_м$. На изображении в различных частях здания наблюдаются области с повышенными теплопотерями (точки М2, М3, М4) на 2,0–2,4 °С по сравнению со средней температурой стены. На данных участках, из-за недостаточного термического сопротивления, при определенных температурных значениях наружного и внутреннего воздуха возможно выпадение конденсата.

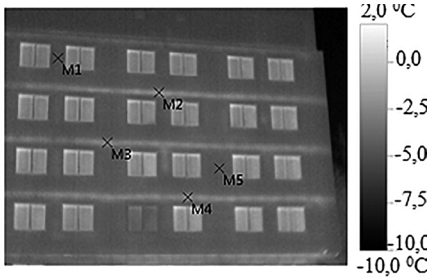


Рис. 1. Термограмма здания общежития ПГАВКСиТ

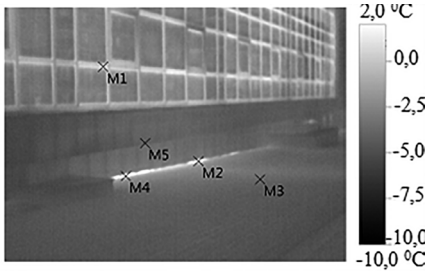


Рис. 2. Термограмма здания УЛК (восточная сторона)

На термограмме здания общежития ПГАВКСиТ выбранным точкам соответствуют следующие значения температур: М1 (-5,0 °С); М2 – (-2,6 °С); М3 – (-2,8 °С); М4 – (-2,7 °С); М5 – (-4,7 °С).

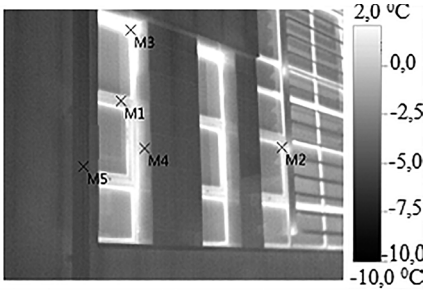


Рис. 3. Термограмма здания УЛК (северная сторона)

Влага, которая появляется в ограждающих конструкциях зданий, может привести к повреждению тепловой изоляции, коррозии несущих (металлических) элементов, что нарушает безопасность и приводит к увеличению потерь энергии. Обычно разность температур между влажной и сухой областями составляет около 2,0–5,0 °С, величина, которая легко определяется с помощью современных тепловизоров.

На рис. 2 и 3 представлены термограммы здания Учебно-лабораторного корпуса (УЛК) со значительными тепловыми потерями.

На термограмме здания УЛК (рис. 2) выбранным точкам соответствуют следующие значения температур: М1 (-0,2 °С); М2 – (3,6 °С); М3 – (-3,9 °С); М4 – (9,8 °С); М5 – (-4,1 °С).

Потери тепла из подвального помещения происходят вследствие негерметичности проемов в наружной ограждающей конструкции. Одновременно причинами данных потерь также может служить утечка теплоносителя, отсутствие или же недостаточно качественно выполненная теплоизоляция.

На термограмме здания УЛК (рис. 3) выбранным точкам соответствуют следующие значения температур: М1 (-0,0 °С); М2 – (2,1 °С); М3 – (7,2 °С); М4 – (-1,3 °С); М5 – (-5,5 °С).

На термограмме наблюдается значительное повышение температуры в точках М2, М3 относительно температуры стены (точка М5) вследствие некачественно выполненных работ по монтажу оконных конструкций.

Обработка результатов теплового контроля заключается в качественном и количественном анализе температурных полей контролируемых объектов и других вспомогательных параметров, относящихся к объекту, аппаратуре контроля, окружающей среде и особенностям проведения теплового контроля [3–5].

В данной работе проведен качественный анализ состояния ограждающих конструкций зданий.

Качественный анализ применяют для оперативного контроля и оценки состояния объекта по его температурным полям и выявления температурных аномалий. По местоположению и амплитуде обнаруженной аномалии принимают решение о том, соответствует ли обнаруженная аномалия скрытому дефекту, конструктивному элементу или мешающему фактору [2].

Таким образом, внедрение методов тепловизионной диагностики ограждающих конструкций зданий обеспечивает уменьшение эксплуатационных затрат и капиталовложений.

Это достигается:

– предотвращением и уменьшением тепловых потерь путем выявления дефектов;

– устранением мест протечек и поступления влаги из-за нарушения гидроизоляции и диффузии воды через ограждающие конструкции;

– устранением нарушения герметичности швов и т.д.

Литература

1. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: Пер. с франц. Мир, Москва, 1988. 416 с.
2. РД-13-04-2006. Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах. ООО НТЦ «Промышленная безопасность», Москва, 2007. 24 с.
3. Вавилов В.П., Александров А.Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. НТФ «Энергопрогресс», Москва, 2003. 76 с.
4. Каратаев О.Р., Рыжков Д.В., Голубева Г.Н./ Оценка технического состояния ограждающих конструкций зданий методом тепловизионного контроля// Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т.18, № 3. С. 182–184.
5. Жданов Н.Н., Гарипов Р.М., Хасанов А.И./ Использование теплозащитного покрытия для энергосбережения// Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17, № 16. С. 77–80.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Гаркушенко В.И.,
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», г. Казань,
Аль барри Самоал Хасан,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

IMPROVING THE QUALITY OF PID-CONTROL TORQUE ELECTRIC DRIVE

Garkushenko V.I.,
Center of Energy Saving Technologies of the Republic of Tatarstan under the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan, Kazan
Al Barry Samoal Hassan,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev, Kazan

Аннотация

Рассматривается задача повышения качества ПИД – регулирования моментным электроприводом при неизвестном моменте нагрузки. Для подавления влияния нагрузки на динамику электромеханической системы используется вспомогательный управляющий сигнал, формируемый с помощью фильтра. С помощью предложенного регулятора удается существенно повысить качество процессов управления моментным электроприводом для различных режимов работы, при учете ограничений на ток в якорной цепи.

Annotation

We consider the problem of improving the quality of the PID control torque actuator with unknown load torque. To suppress the effect of loading on the dynamics of the Electromechanical system Manager uses an auxiliary SIG-nal generated by using a filter. Using the proposed controller manages the su-significantly improve the quality of the processes of operation of the torque actuator for the various modes of operation, while taking into account constraints on the current in the an-chor chain.

В практике проектирования электромеханических систем автоматического управления широкое распространение получили ПИД-регуляторы в связи с простотой их настройки. В то же время известно, что ПИД-регуляторы не обеспечивают требуемое качество процессов управления при больших рассогласованиях регулируемой переменной и внешних возмущениях.

В данной работе предлагается способ повышения качества ПИД-регулирования моментным электроприводом постоянного тока при неизвестном моменте нагрузки, с учетом ограничений на управляющее напряжение и ток в якорной цепи.

Динамика электромеханической системы описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} J\ddot{\theta} &= c_M\, i - M_c, \\ L\frac{di}{dt} + R\, i + c_E\, \dot{\theta} &= u, \end{aligned} \qquad (1)$$

где θ – угол поворота ротора (рад); u, i – напряжение (В), ток (А) якорной цепи; J – приведенный момент инерции ротора двигателя с учетом инерции нагрузки (кг м^2), M_c – момент нагрузки на валу двигателя (Н м); R, L – сопротивление (Ом), индуктивность (Гн) якорной цепи; $c_M = c_E$ – параметры моментного двигателя.

Для синтеза закона управления, с учетом быстрых переходных процессов в моментном двигателе, система (1) переписывается в эквивалентном виде:

$$\dot{\varepsilon} = \tilde{u} + w, \quad \tilde{u} = c_E^{-1} u, \tag{2}$$

где $\varepsilon = \theta - \theta^*$ – рассогласование между текущим θ и заданным углом θ^*; w – приведенное возмущение, зависящее от соответствующих переменных уравнений (1) и переменных $\dot{\theta}^*, \ddot{\theta}^*$.

Из уравнения (2) при малом параметре $\mu > 0$ следует приближенная оценка возмущения:

$$\hat{w} = \left(\dot{\varepsilon} - \tilde{u}\right) / \left(1 + \mu\right). \tag{3}$$

Закон управления строится в виде:

$$\tilde{u} = -W_r(p)\varepsilon - \hat{w}, \tag{4}$$

где $W_r(p)$ – оператор обратной связи, $p = d / dt$.

С учетом выражения (3) закон управления (4) принимает вид:

$$\tilde{u} = -W_r(p)\varepsilon - \left(\dot{\varepsilon} + W_r(p)\varepsilon\right) / \mu. \tag{5}$$

После подстановки (5) в (2) получается уравнение замкнутой системы:

$$\dot{\varepsilon} = -W_r(p)\varepsilon - \mu w / (1 + \mu). \tag{6}$$

Из уравнения (6) следует, что при $\mu \to 0$ переходной процесс ε локализуется в окрестности желаемого движения, и найдется такое μ, что в установившемся режиме выполняется условие $|\varepsilon| < \delta$ для заданного значения δ. Обеспечение данного свойства в замкнутой системе называется принципом локализации [1]. Отметим, что в отличие от [1] в законе управления (5) присутствует первое слагаемое, являющееся обратной связью, а второе слагаемое – компенсацией возмущения w.

При работе двигателя в следящем режиме приведенное возмущение w содержит линейную функцию времени, которая приводит к росту рассогласования ε. Поэтому в операторе обратной связи используется интеграл от ошибки ε. Однако наличие интегратора в законе управления приводит к увеличению динамической ошибки при больших рассогласованиях, которые возникают, например, в режимах переориентации.

В связи с этим предлагается использовать регулятор с изменяемой структурой в зависимости от значения ε: при больших ε используется ПД-регулятор, а при малых ε происходит переключение на ПИ-регулятор. При этом для исключения бросков тока выше допустимого значения на управляющее напряжение вводится ограничение.

Таким образом, закон управления с учетом упрощений имеет вид:

$$u = \begin{cases} kc_E\tilde{u}, & |kc_E\tilde{u}| \le u_{\max}; \\ u_{\max} sign(\tilde{u}), & |kc_E\tilde{u}| > u_{\max}, \end{cases} \tag{7}$$

$$\tilde{u} = \begin{cases} -\dfrac{r_2 p + r_1}{Tp + 1}\varepsilon - \dfrac{1}{\mu}\dfrac{(1 + r_2)p + r_1}{Tp + 1}\varepsilon, & |\varepsilon| \ge \varepsilon^*; \\ -\dfrac{\tilde{r}_2 p + \tilde{r}_1}{p}\varepsilon - \dfrac{1}{\mu}\dfrac{p^2 + \tilde{r}_2 p + \tilde{r}_1}{p(Tp + 1)}\varepsilon, & |\varepsilon| < \varepsilon^*, \end{cases} \tag{8}$$

где $u_{\max}$ – максимально допустимое напряжение, при котором ток в якорной цепи принимает допустимые значения; ε^* – пороговое значение переключения регуляторов; k – коэф-

фициент усиления; r_1, r_2 и $\tilde{r}_1$, $\tilde{r}_2$ – параметры ПД и ПИ-регулятора соответственно; T – малая постоянная времени.

Для подтверждения эффективности закона управления (7), (8) проведено моделирование электромеханической системы с моментным приводом при действии кратковременного возмущения на валу двигателя. Приняты следующие значения параметров: $u_{\max} = 40\,\text{В}$, $c_E = 10$, $k = 5$, $r_1 = 1$, $r_2 = 9$, $\tilde{r}_1 = 6$, $\tilde{r}_2 = 9$, $\mu = 5$.

На рис. 1 представлены переходные процессы рассогласования ε в режиме слежения за командным углом $\theta^* = at$, $a = 1$ рад/сек с законом управления (7), (8) при $\mu = 5$ (сплошная кривая – с компенсацией возмущения) и при $\mu^{-1} = 0$ (пунктирная кривая – без вспомогательного сигнала компенсации возмущения).

На рис. 2 представлены переходные процессы рассогласования ε в режиме отработки командного сигнала $\theta^* = \pi / 2$ с законом управления (7), (8) (сплошная кривая) и с ПИ-регулятором (8) без переключения на ПД-регулятор (пунктирная кривая).

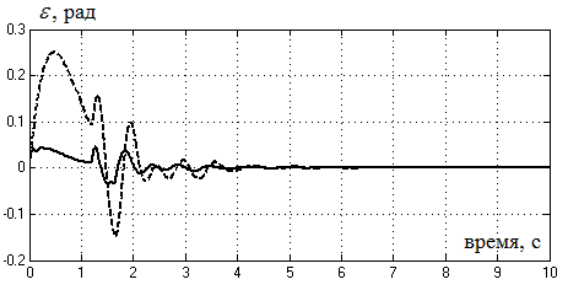


Рис. 1. Переходные процессы по рассогласованию для режима слежения

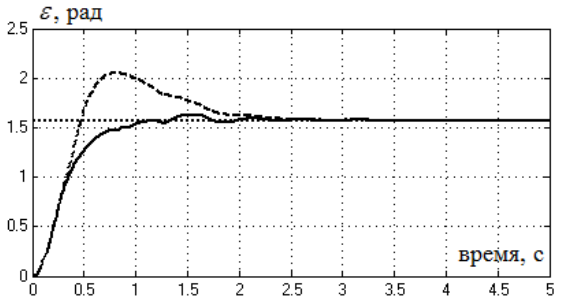


Рис. 2. Переходные процессы по рассогласованию для режима слежения

Из рис. 1, рис. 2 следует, что с помощью закона управления (7), (8) удается существенно повысить точность отработки командного угла по сравнению с обычным ПИ-регулятором.

Предложенная методика синтеза законов управления может быть использована для различных динамических систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05575.

Литература

1. Востриков А.С. Синтез нелинейных систем методом локализации. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1990. – 120 с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Голованов В.И.,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург,
Куличкова Е.А.,
ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» КБ «Армас», г. Санкт-Петербург

THE POSSIBILITY OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF PIPELINE SYSTEMS

Golovanov V.I.,
Krylov State Research Center,
Kulichkova E.A.,
Shipbuilding & Shiprepair Technology Center, St. Petersburg

Аннотация

Определено влияние проточной части арматуры и степени ее открытия на коэффициент гидравлического сопротивления. Приведены результаты численного моделирования различных типов арматуры.

Annotation

Influence of flow section of the valve and degree opening on the flow friction characteris-tic. Results of numerical modeling of various type of valve.

Основной гидравлической характеристикой трубопроводной арматуры является коэффициент гидравлического сопротивления ξ, характеризующий совершенство ее проточной части и определяющий потери энергии при течении жидкости. Коэффициенты сопротивления зависят от режима течения жидкости, размеров арматуры, ее конструктивных особенностей и степени открытия.

До недавнего времени опыт определения коэффициентов сопротивления базировался на многочисленных экспериментальных данных, полученных при стендовых испытаниях [1]. Однако использование методов численного моделирования пространственных течений позволяет с достаточной для практических нужд степенью точности определять гидродинамические параметры проточных частей арматуры расчетным путем. Внедрение численных методов в практику проектирования существенно сокращает материальные и временные затраты на разработку новых и отработку существующих конструкций.

Оценим эффективность численного моделирования трехмерных турбулентных течений для определения коэффициентов сопротивления и структуры течения на примерах расчета проточной части задвижки квадратного сечения (рис. 1), круглого сечения (рис. 4) и крана шарового (рис. 7) при изменении их степени открытия. Определим поле скорости и давления в проточной части с использованием программного обеспечения ANSYS Fluent [2].

Задвижка квадратного сечения

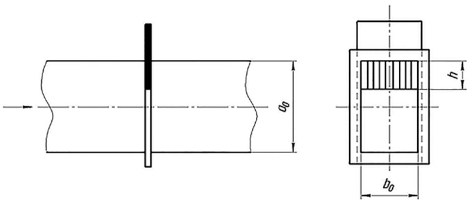


Рис. 1. Проточная часть задвижки квадратного сечения

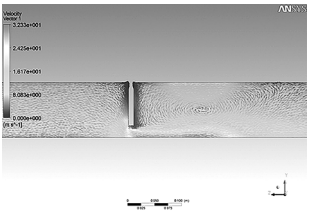


Рис. 2. Распределение скорости

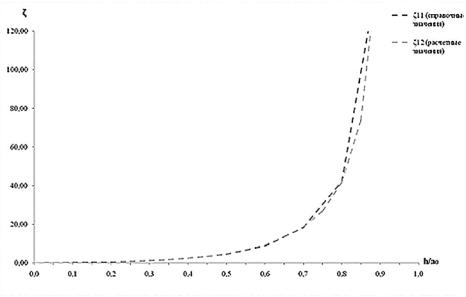


Рис. 3. Зависимость коэффициента сопротивления от степени открытия

Задвижка круглого сечения

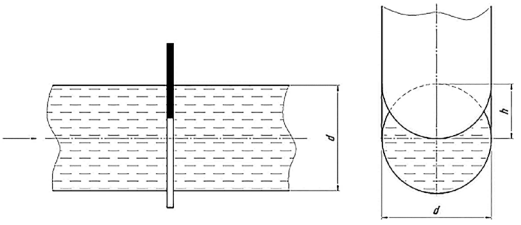


Рис. 4. Проточная часть задвижки круглого сечения

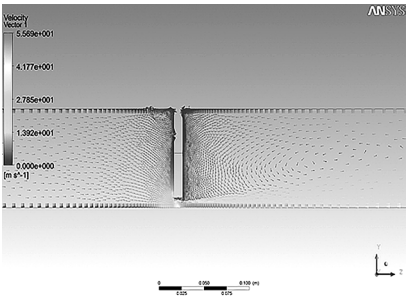


Рис. 5. Распределение скорости

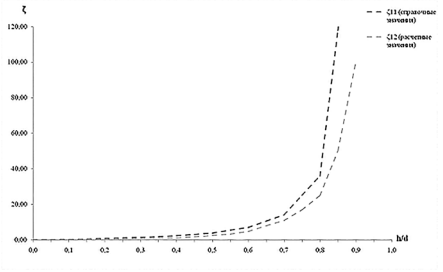


Рис. 6. Зависимость коэффициента сопротивления от степени открытия

Кран шаровой

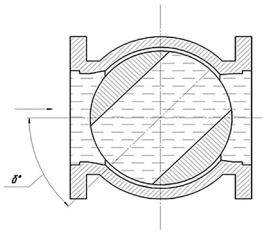


Рис. 7. Проточная часть крана шарового

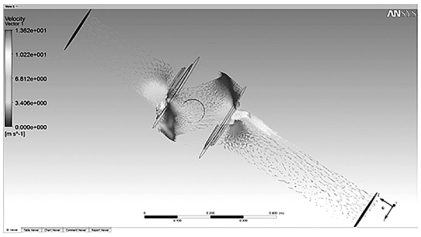


Рис. 8. Распределение скорости

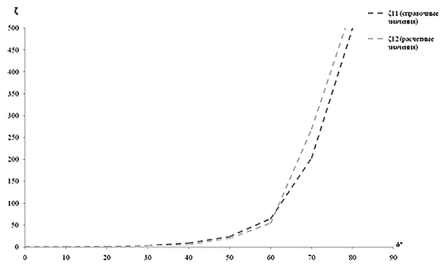


Рис. 9. Зависимость коэффициента сопротивления от степени открытия

В результате для каждой проточной части получены графические зависимости распределения скоростей (рис. 2, 5, 8) и давлений, которые позволяют получить значения коэффициентов сопротивлений при любой степени открытия. Как следует из рисунков 3, 6 и 9, при сравнении результатов расчета и справочных данных наблюдается хорошее соответствие значений коэффициентов сопротивления. Отклонения связаны с конструктивными особенностями проточных частей.

Таким образом, выполненные исследования позволяют утверждать, что анализ численными методами физической картины течения жидкости может быть использован для оптимизации проточной части арматуры, уменьшения коэффициентов сопротивления и повышения энергоэффективности трубопроводных систем.

Литература

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М: Машиностроение; 1992. – 672 с.
2. Мелехина О., Новаковский Г., Фролов Д. Новые возможности ANSYS 13.0. – Делкам-Урал, № 54, 2011.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Матухин В.Л., Шмидт Е.В., Шульгин Д.А., Шмидт С.В.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

NANOSTRUCTURED MATERIALS IN THERMOELECTRIC POWER GENERATION

Matukhin V.L., Shmidt E.V., Shulgin D.A., Shmidt S,V.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Рассмотрены актуальность термоэлектрической энергетики и перспективность использования наноструктурированных материалов в качестве термоэлектриков. Обсуждаются физические механизмы увеличения термоэлектрической добротности при использовании наноструктурированных материалов. Приведены результаты исследования физических свойств перспективного термоэлектрика нового типа – полупроводникового соединения $CuAlO_2$ методом ЯКР 63,65Cu.

Annotation

The urgency of thermoelectric power generation and perspectives of nanostructured materials usage as thermoelectrics are considered. Physical mechanisms of thermoelectric figure of merit increase by nanostructured materials utilization are discussed. Results of investigations of physical properties perspective new type thermoelectric – semiconducting compound $CuAlO_2$ by NQR ^{63,65}Cu method are presented.

Быстрый рост энергопотребления в мире остро поставил вопрос о поиске альтернативных и возобновляемых источников энергии. Одним из решений этой проблемы является использование термоэлектрического преобразования энергии. Отметим, что термоэлектрические эффекты используются как один из методов прямого преобразования энергии еще с середины прошлого века, а вся история термоэлектричества скоро отметит два столетия: день рождения термоэлектричества – 14 декабря 1820 года (первый доклад Томаса Иогана Зеебека на заседании Берлинской академии наук). Термоэлектрические преобразователи энергии (ТПЭ) обладают целым рядом преимуществ: отсутствие движущихся, изнашивающихся частей и возможность длительной работы без обслуживания, бесшумность работы, высокая надежность, экологическая чистота, возможность миниатюризации без потери эффективности. Однако несмотря на известные преимущества ТПЭ им присущ серьезный недостаток – относительно низкая эффективность. Основной проблемой в термоэлектричестве является поиск термоэлектрических материалов – термоэлектриков, которые имели бы сравнительно высокую термоэлектрическую добротность Z (figure of merit, число Иоффе) или безразмерное отношение [1]:

$$ZT = \frac{\sigma S^2 T}{\chi} = \frac{\sigma S^2 T}{\chi_{ph} + \chi_{el}}$$

где T – абсолютная температура, σ, χ, и S, – коэффициенты электропроводности, теплопроводности (состоит из двух вкладов: X_{ph} – решеточный и – электронный) и коэффициент Зеебека соответственно. Таким образом, целью проводимого поиска является получение материала с противоречивыми свойствами: материал с одной стороны должен обладать высокой электропроводностью, а с другой – малой теплопроводностью и, кроме того, иметь высокое значение термоэдс. Термоэлектрическая добротность непосредственно связана с эффективностью, т.е. КПД устройства, поэтому это удобный параметр для сравнения потенциальной эффективности ТПЭ, использующих различные материалы. Например, значение ZT = 1 при

комнатной температуре считается хорошим, и рост термоэлектрической добротности до 2–3 привел бы к увеличению КПД термоэлектрических преобразователей до 20 %.

Увеличение термоэлектрической добротности приведет к расширению областей практического применения термоэлектрической генерации энергии и термоэлектрического охлаждения. В настоящее время уже можно выделить ряд направлений, в которых сложно конкурировать с термоэлектрическими генераторами (ТЭГ): катодная защита магистральных газопроводов в северных и арктических районах, источники питания для космических аппаратов, утилизация бросового тепла на промышленных объектах и транспорте. За последние несколько лет различные фирмы в разных странах мира освоили серийное производство термоэлектрических модулей примерно одинаковых типоразмеров, это так называемый «мелкоровский ряд» (по названию компании Melcor, США, которая первой приступила к серийному производству подобных модулей). Интенсивный рост мирового производства термоэлектрических охлаждающих систем обусловлен двумя факторами: удешевлением производства и выявлением более эффективных термоэлектриков. Например, в США разработана термоэлектрическая микроклиматическая установка для пилотов вертолетов с холодопроизводительностью 1 кВт. Существует необходимость охлаждения интегральных микросхем, она вызвана тенденцией микроминиатюризации элементов электроники, приводящей к снижению потребляемой мощности. Здесь термоэлектрический метод также является практически безальтернативным методом термостабилизации. Температурная стабилизация параметрических усилителей, приемников излучения, электронных блоков для систем ночного видения, микропроцессоров вычислительных систем и систем автоматики и т. п., – все это области применения термоэлектрического охлаждения. В этой области основными характеристиками являются: компактность, стабильность, надежность, возможность интегрирования с кремниевой электроникой. Другим важнейшим преимуществом термоэлектрического охлаждения является его абсолютная экологическая чистота, а экологические проблемы холодильной техники в последнее время являются объектом пристального внимания. Следует отметить, что в ряде стран существуют государственные программы поддержки научных исследований термоэлектрических материалов, и приток финансирования вывел сейчас термоэлектрические исследования по новым направлениям в число самых активных. Поэтому разработка эффективных термоэлектрических материалов является также решением одной из важнейших задач проблемы импортозамещения.

Несмотря на активные исследования многих научных центров и лабораторий по созданию термоэлектриков с высокой добротностью, вплоть до настоящего времени не удавалось добиться существенных успехов на этом пути. Только за последние несколько лет произошел определенный прорыв в этом направлении. Поскольку теоретические ограничения на рост термоэлектрической добротности отсутствуют, то увеличение эффективности связывают с обнаружением функциональных материалов нового типа, на основе развития новых принципов их получения. В основе возникших направлений предложена новая теоретическая концепция «фононное стекло – электронный кристалл», которая указывает на возможные пути независимой оптимизации тепловых и электрических свойств материалов. Одним из путей реализации этой концепции является использование нанотехнологий при синтезе материалов, которое позволит выйти на новый уровень производства в термоэлектрической энергетике. Возможность увеличения ключевого параметра – термоэлектрической добротности наноструктурированных полупроводниковых материалов возникает за счет создания условий для эффекта блокирования фононов и пропускания электронов [2–5].

Под наноструктурированием понимается широкий набор технологических подходов и приемов, с помощью которых возможно получение материалов, в которых размерные эффекты оказывают большое влияние на формирование их свойств. Известно, например, что ключевое транспортное свойство – теплопроводность твердых тел формируется двумя отдельными вкладами: возбуждениями кристаллической решетки (фононами) и зарядовыми носителями. Понижение решеточного вклада в теплопроводность (χ_{ph}) в результате рассеяния фононов на структурных дефектах является одним из главных направлений в

поиске эффективных термоэлектриков. Нанокристаллические материалы характеризуются размерами кристаллитов от единиц до десятков нанометров, при этом значительная доля материала находится в межкристаллитных границах. Другой их важной особенностью является величина средней длины свободного пробега квазичастиц (электронов и фононов), которая может быть соизмерима с размерами нанокристаллов, а это указывает на то, что основная часть рассеяния будет происходить на границах зерен, а не в самих кристаллических зернах. Такое рассеяние может вызвать частичную локализацию зарядовых носителей внутри нанокристаллов и привести к заметному изменению электронной структуры материала. Таким образом, наноструктурирование термоэлектриков позволит использовать новый управляемый фактор – размеры наноструктурных элементов – как дополнительное воздействие на термоэлектрическую добротность. Кроме того, в таких материалах возможно повышение механической прочности, получение высокой антикоррозионной стойкости и особых магнитных свойств. Основная роль в проводимых исследованиях отводится экспериментальным работам: в первую очередь важно выяснить физические механизмы, которые могут привести к увеличению термоэлектрической добротности в результате наноструктурирования. Для достижения поставленной цели необходимо глубокое понимание транспортных свойств, связанных с процессами переноса тепла и электрического заряда в нанокристаллических термоэлектрических материалах.

Эффективными методами исследования физических свойств термоэлектрических материалов являются методы магнитного резонанса ЯМР, ЭПР и ЯКР. В представленном докладе приводятся результаты выполненных в Казанском государственном энергетическом университете исследований перспективного термоэлектрика нового типа – полупроводникового соединения $CuAlO_2$ методом ЯКР 63,65Cu [6, 7]. Ожидается, что полученные результаты позволят в будущем получить эффективные материалы для термоэлектрической генерации энергии и термоэлектрического охлаждения, что найдет применение в области энергоэффективности и энергосбережения в качестве новых материалов для термоэлектрических преобразователей энергии.

Литература

1. Дмитриев А.В., Звягин И.П., УФН, Т. 180, 821 (2010).
2. Анатычук Л.И. Термоэлектричество. Термоэлектрические преобразователи энергии. – Киев, Черновцы: Институт термоэлектричества, 376 с. (2003).
3. Hicks L.D., Dresselhaus M.S., Phys. Rev. B, 47, 12727 (1993).
4. Dresselhaus M.S., Chen G., Tang M.I., Yang R., Lee H., Wang D., Ren Z., Fleurial J-P, Gagna P., Adv. Mater, 19, P. 1043–1053 (2007).
5. Шевельков А.В. Успехи химии, 77, 3 (2008).
6. Матухин В.Л., Хабибуллин И.Х., Шульгин Д.А., Шмидт С.В.,Теруков Е.И., ФТП, 46, 1126 (2012).
7. Матухин В.Л., Шульгин Д.А., Шмидт С.В.,Теруков Е.И., ФТП, 48, 801 (2014).

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АМОРТИЗИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Волкова Н.В., Голованов В.И., Кузьменко П.А.,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF SHOCK ABSORBING STRUCTURES

Volkova N.V., Golovanov V.I., Kuzmenko P.A.,
Krylov State Research Center, St. Petersburg

Аннотация

Изложена технология, направленная на ресурсосбережение при изготовлении амортизирующих конструкций (АК). Приведены стадии технологического процесса изготовления АК из полиуретанов и схема установки для их изготовления.

Annotation

The technology of aiming at resource in the manufacture of shock absorbing structures. Given the stage of the technological process of shock absorbing structures made of polyurethanes and diagram of the apparatus for producing.

В ФГУП «Крыловский государственный научный центр» – головном научном центре судостроения выполняются комплексные работы по созданию резинотехнических изделий, в том числе АК, для нужд не только судостроения, но и других отраслей, которые включают в себя проектирование, отработку технологии и изготовление, а также проведение испытаний на уникальной экспериментальной базе. Более чем полуторавековые традиции качества позволяют быть уверенными за всю выпускаемую продукцию.

В последнее время значительное количество работ направлено на внедрение ресурсосберегающих технологий в практику судостроения. В частности, при создании АК различного назначения.

Используемая в настоящее время технология изготовления АК подробно описана в [1]. Основным ее недостатком является значительная энергоемкость изготовления изделий. Для устранения ее недостатков разработана отвечающая современным требованиям технология изготовления АК из литьевых полиуретанов. Она заключается в смешивании под вакуумом компонентов полиуретана и последующей заливке получившейся реакционной смеси в заливочную форму [2].

Последовательно стадии технологического процесса изготовления АК на основе полиуретановых композиций при помощи заливочных технологий приведены на рисунке 1.

Принципиальная схема установки для получения литьевых полиуретанов и АК на их основе представлена на рисунке 2. Оптимальных свойств изделия достигают после выдержки при комнатных условиях в течение 72 часов.

Данная энергосберегающая технология производства АК успешно внедрена в производство и легко адаптируется к производству крупногабаритных изделий непосредственно на объектах. На ее основе можно производить поэтапное формирование АК заданной геометрии, а также вносить в структуру изделия различные армирующие элементы.

В настоящее время с использованием данной технологии промышленно выпускаются элементы сборные амортизатора ЭСА-35 [1] и ЭСА-100. На рисунке 3 представлены элементы ЭСА-100 при проведении испытаний на типовой испытательной машине на сжатие.

Для виброизолирующих подвесок трубопроводов выпускаются вставки, представляющие собой резиновые или полиуретановые упругие элементы. В зависимости от формы зубцов и типа полимера удается уменьшить частоту свободных колебаний до 12,5–15 Гц, а несущая способность при этом составляет 25–100 кг.

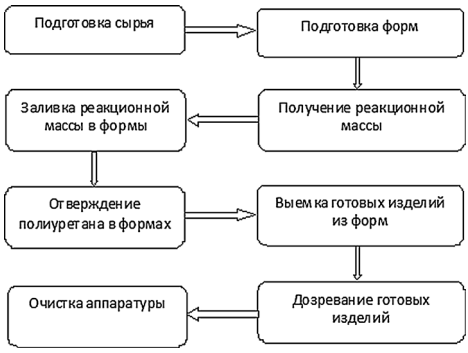


Рис. 1. Стадии технологического процесса изготовления АК из полиуретанов

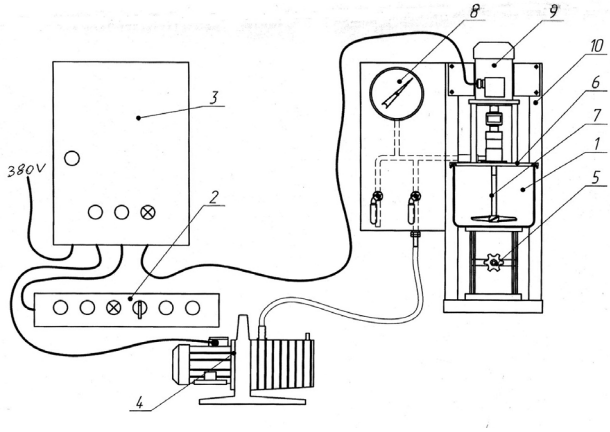


Рис. 2. Схема установки для получения литьевых полиуретанов и АК на их основе:
1 – реакционная емкость; 2 – пульт управления; 3– щит управления; 4 – вакуумный насос;
5 – столик подъемный лабораторный; 6 – крышка модуля; 7 – мешалка; 8 – вакуумметр;
9 – электродвигатель; 10 – станина

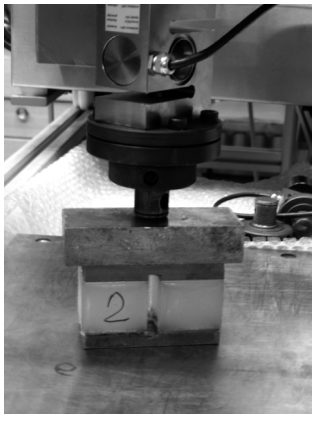


Рис. 3. Внешний вид элементов сборных амортизаторов ЭСА-100, изготовленных из полиуретана, при испытаниях на сжатие

Внешний вид пресс-формы, применяемой для изготовления вставок виброизолирующих подвесок трубопроводов, изображен на рисунке 4.

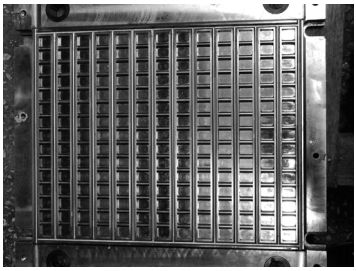


Рис. 4. Внешний вид пресс-формы для изготовления вставок виброизолирующих подвесок трубопроводов из резины

Внешний вид заливочной формы, применяемой для изготовления вставок виброизолирующих подвесок трубопроводов из полиуретановых композиций, приведен на рисунке 5. Данная форма изготовлена из материала «Формопласт», основой которого являются кремнийорганические вещества, т.е. силиконы. В качестве формообразователя было использовано готовое изделие.

В процессе формования заливочные формы не подвергаются значительному воздействию давления и температур. Как видно из сравнения рисунков 4 и 5, они значительно проще вулканизационных и имеют облегченную конструкцию.

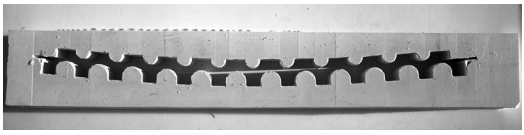


Рис. 5. Внешний вид формы для изготовления вставок виброизолирующих подвесок трубопроводов из полиуретанов

Еще одним положительным аспектом применения разработанной энергосберегающей технологии производства виброизоляторов из литьевых полиуретанов является исключение необходимости использования клеев, как это принято при работе с традиционными резинами. Крепление полиуретана к металлу происходит вследствие взаимодействия изоцианатных групп со специальным адгезивом, который наносится на металлические поверхности. Образуется прочная связь между металлом и изоцианатом, что подтверждено экспериментально. Так прочность связи полиуретана с металлом при этом составляет 3,7 МПа.

Подобные изделия целесообразно использовать в нефтехимической промышленности.

Таким образом, разработанная и успешно внедренная ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в практику ресурсосберегающая технология позволяет исключить значительную по энергоемкости стадию вулканизации, существенно снизить затраты на изготовление дорогостоящих пресс-форм. Безвулканизационный метод позволяет путем склеивания значительно экономить на потреблении электроэнергии и ресурсов.

Литература

1. Волкова Н.В., Голованов В.И., Ионов А.В. Энергоресурсосберегающие технологии в производстве промышленных виброизоляторов. Труды XII Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 2011.
2. Кузьменко П.А., Волкова М.В. Опыт применения полиуретановых композиций в судовых амортизирующих конструкциях. Материалы IX молодежной научно-технической конференции «Взгляд в будущее – 2011». СПб ОАО «ЦКБ МТ «Рубин», 2011 г., 285–292 с.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Гавриленко А.Н., Матухин В.Л.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Корзун Б.В., Соболь В.Р.,
Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск

SEMICONDUCTORS WITH CHALCOPYRITE STRUCTURE IN SOLAR ENERGETICS

Gavrilenko A.N., Matukhin V.L.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan,
Korzun B.V., Sobol V.R.,
Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk

Аннотация

На сегодняшний день основными полупроводниковыми материалами для производства солнечных элементов являются кремний Si и теллурид кадмия CdTe. В этой связи особый интерес вызывает поиск новых полупроводниковых материалов.

Цель: исследовать фазообразование в бинарной системе Fe S, выяснить условия образования соединений в центральной части тройной системы Cu Fe S (халькопирит $CuFeS_2$, кубанит $CuFe_2S_3$, хейкокит $Cu_4Fe_5S_8$) и разработать методы получения тройного полупроводникового соединения хейкокита.

Методом дифференциально-термического анализа (ДТА) установлены особенности взаимодействия в системе Fe-S. Разработаны два метода синтеза объемных образцов хейкокита: однозонный метод и двухзонный метод. Двухзонным методом впервые получены однородные кристаллические слитки хейкокита массой 15–20 г. Микрорентгеноспектральным анализом установлено, что хейкокит является фазой переменного состава и химический состав кристаллов соответствует атомарному соотношению Cu : Fe : S = 4,13 : 4,85 : 8. Методом ДТА определено, что плавление хейкокита сопровождается двумя тепловыми пиками, заканчивается при температуре 1181 K и носит конгруэнтный характер. При температуре 400 K наблюдается тепловой эффект.

Annotation

In present time the basic semiconductor materials for manufacture of solar cells are Si and CdTe. Solar cells on the basis of these materials have deficiencies. Therefore special interest causes search of new semiconductor materials.

The aim: to explore formation of phases in binary system Fe-S, to find out requirements to formation of compound in the central part of ternary system Cu-Fe-S (chalcopyrite CuFeS2, cuba-nite $CuFe_2S_3$, haycockite $Cu_4Fe_5S_8$) and to develop methods of synthesis ternary semiconductor com-pound haycockite.

Peculiarities of interaction in system Fe-S were determined by the method of the differential thermal analysis (DTA). Two methods of synthesis of haycockite volume samples are developed. They are the single-zone method and the dual-zone method. The homogeneous crystalline ingots of haycockite in mass 15 – 20 g have been prepared for the first time. By electron microprobe analysis was determined, that the haycockite is a phase of a variable composition and the chemical com-pound of crystals corresponds to atomic relation Cu: Fe: S = 4,13: 4,85: 8. By DTA-method was found, that haycockite melting is accompanied by two thermal peaks, comes to an end at temperature 1181 K and has a congruent behaviour. At temperature 400 K the thermal effect is observed.

Введение

На сегодняшний день основными полупроводниковыми материалами для производства солнечных элементов являются кремний Si (кристаллический, поликристаллический, ленточный и аморфный) и теллурид кадмия CdTe. В общем мировом производстве солнечных модулей за 2009 год доля кремния составила 86 %, а доля теллурида кадмия – 13 % [1]. Однако солнечные элементы на основе этих полупроводниковых материалов имеют ряд недостатков. Основными недостатками солнечных элементов на основе кремния является то, что этот материал является непрямозонным полупроводником и его ширина запрещенной зоны отличается от значения для максимального превращения солнечного излучения в электрическую энергию, а солнечные элементы на основе аморфного кремния подвергаются сильной деградации при облучении их солнечным светом. Основным же недостатком солнечных элементов на основе теллурида кадмия является то, что при их производстве используются токсичные элементы Cd и Te.

В этой связи особый интерес вызывает поиск новых полупроводниковых материалов. Одним из классов таких полупроводников являются соединения I III VI2 (где I Cu, Ag; III Al, Ga, In; VI S, Se, Te), кристаллизующиеся в тетрагональной структуре халькопирита $CuFeS_2$. К настоящему времени на основе гетероперехода n CdS/p Cu(In, Ga)Se2 (CIGS) в лабораторных условиях реализованы тонкопленочные солнечные элементы с коэффициентом полезного действия 21,7 % [2]. В общем производстве солнечных модулей в 2009 году доля модулей на основе соединений CIGS с к.п.д. около 10 % составила 1 % [1]. Однако сдерживающим фактором для разработки высокоэффективных солнечных элементов на основе многокомпонентных полупроводниковых соединений $Cu(In, Ga)Se_2$ является ограниченность запасов входящего в их состав элемента индия.

В настоящее время в качестве альтернативы используемым при создании полупроводниковых солнечных элементов материалам Si, CdTe и CIGS активно изучаются многокомпонентные соединения, к примеру, кестерит $Cu_2(Zn, Fe)SnS_4$, станнит Cu_2FeSnS_4, другие соединения с их структурой и сплавы на их основе [3]. Перспективной является и тройная система Cu Fe S, в которой помимо халькопирита $CuFeS_2$ кристаллизуется целый ряд тройных соединений – борнит Cu_3FeS_4, кубанит $CuFe_2S_3$, талнахит Cu_9Fe_8S16, а также менее изученные соединения моихукит $Cu_9Fe_9S_{16}$ и хейкокит $Cu4Fe_5S_8$ [4].

На основании вышесказанного можно утверждать, что поиск новых полупроводниковых материалов для применения в солнечных элементах, разработка методов их получения, исследования их физических свойств являются актуальными. Научная значимость решения проблемы состоит в том, что в результате получена информация о фундаментальных физических параметрах в многокомпонентных полупроводниковых соединениях, что позволяет разработать методы модификации этих соединений, открыть новые направления в развитии технологии солнечных элементов.

Цель работы

Исследовать фазообразование в бинарной системе Fe S, выяснить условия образования соединений в центральной части тройной системы Cu Fe S (халькопирит $CuFeS_2$, кубанит $CuFe_2S_3$, хейкокит $Cu_4Fe_5S_8$) и разработать методы получения тройного полупроводникового соединения хейкокита.

Эксперимент и основные результаты исследований

Для разработки методов получения тройных соединений системы Cu Fe S были исследованы условия образования соединений из исходных элементов в системах Fe S и Cu Fe S. С этой целью осуществляли дифференциально-термический анализ смесей элементов соответствующего состава (рисунок 1).

Аналогичным образом изучено взаимодействие в составах системы Fe S с соотношениями элементов 1 : 2 и 2 : 3. Выявлено, что образование сульфидов железа начинается после расплав-

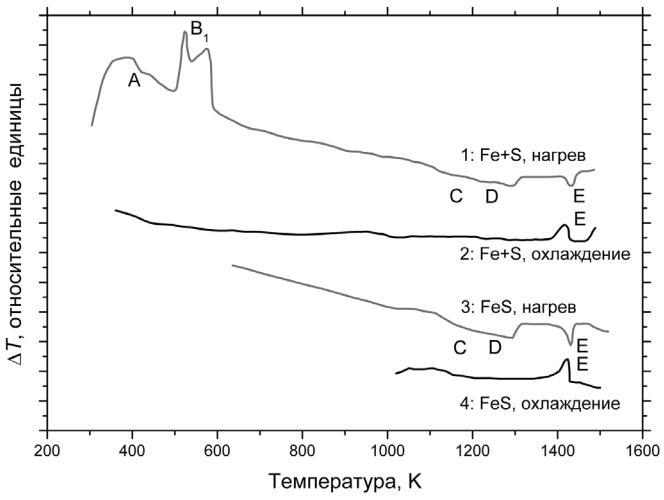


Рис. 1. Термограмма смеси элементов в системе Fe S при атомарном отношении Fe:S = 1:1 (1 – нагрев элементов; 2 – охлаждение нагретой в процессе 1 смеси элементов; 3 – повторный нагрев смеси элементов, использовавшейся в процессах 1 и 2; 4 – охлаждение нагретой в процессе 3 смеси элементов; A – плавление S; B1 – образование соединения FeS; C – перитектоидное превращение γFe + FeS ↔ α-Fe; D – эвтектическая реакция γ-Fe + FeS; E – плавление/ кристаллизация соединения FeS)

ления серы и происходит в интервале температур 490–620 K. Первоначально при температуре 490–590 K образуется соединение FeS, а при температуре 590–620 K на основе этого соединения происходит образование соединения FeS_2. Учитывая особенности фазового взаимодействия в системе Fe-S, разработаны два метода получения хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$: однозонный и двухзонный метод. Двухзонный метод позволил получить однородные кристаллические слитки хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$ массой 15–20 г с размерами отдельных монокристаллических блоков, достигающими 5x5x3 мм^3 [5]. Морфология кристаллических блоков указывает на то, что при выращивании кристаллов хейкокита из расплава имеют место ступенчатые формы роста. Химический анализ был выполнен методом электронного микропробного анализа с использованием установки JEOL-JXA 8200 EMPA с дисперсией по длине волны. Подтверждены выводы рентгенофазового анализа об однофазности образцов. Микрорентгеноспектральным анализом хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$ определено, что химический состав соответствует атомарному соотношению Cu : Fe : S = 4,13 : 4,85 : 8, что близко к стехиометрическому составу хейкокита и свидетельствует о том, что хейкокит является фазой переменного состава.

Проанализированы результаты исследований физических свойств соединений системы Cu Fe S. По отношению к хейкокиту $Cu_4Fe_5S_8$ осуществлен дифференциально-термический анализ (рисунки 2, 3).

Дифференциально-термический анализ показал, что процесс плавления хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$ сопровождается двумя тепловыми пиками и заканчивается при температуре 1181 K (рисунок 2). Кривая охлаждения термограммы хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$ подтверждает наличие двух тепловых эффектов при кристаллизации (рисунок 3). При температуре 400 K наблюдается тепловой эффект, причиной которого может быть как структурное превращение, так и переход из одной фазовой области в другую. Тот факт, что кристаллизация начинается при температуре 1183 K, близкой к температуре плавления 1181 K, свидетельствует, что плавление носит конгруэнтный характер, то есть указывает на термическую стабильность хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$.

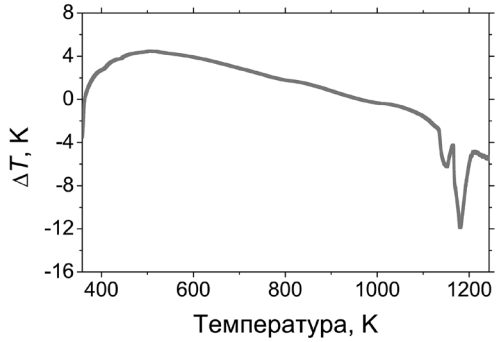


Рис. 2. Кривая нагрева термограммы хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$

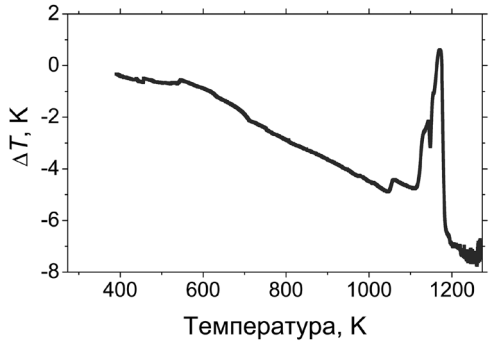


Рис. 3. Кривая охлаждения термограммы хейкокита $Cu_4Fe_5S_8$

Авторы Б.В. Корзун и В.Р. Соболь благодарны БРФФИ за частичное финансирование работ.

Литература

1. Wolden C.A. Photovoltaic manufacturing: Present status, future prospects, and research needs / Wolden C.A., Kurtin J., Baxter J.B., Repins I., Shaheen S.E., Torvik J.T., Rockett A.A., Fthenakis V.M., Aydil E.S. // Journal of Vacuum Science and Technology A. – 2011. V. 29. 030801 – 62 p.
2. Jackson P. Properties of Cu(In,Ga)Se2 solar cells with new record efficiencies up to 21.7 % / Jackson P., Hariskos D., Würz R., Kiowski O., Bauer A., Friedlmeier T.M., M. Powalla // Phys. Status Solidi RRL, – 2014. – V.9. – № 1. – P. 28 – 31. / DOI 10.1002/pssr.201409520.
3. Hsu W.-C., Growth mechanism of co-evaporated kesterite: a comparison of Cu-rich and Zn-rich composition paths / Hsu W.-C., Repins I., Beall C. DeHart C., To B., Yang W., Yang Y., Noufi R. // Progress in Photovoltaics: Research and Applications. – 2014. V. 22. – № 1. – P. 35 43.
4. Cabri L.J. New Data on Phase Relations in the Cu-Fe-S System / L.J. Cabri // Economic Geology. – 1973. V. 68. – P. 443 - 454.
5. Корзун Б.В. Структурные и тепловые свойства хайкокита Cu4Fe5S8 / Корзун Б.В., Гавриленко А.Н., Соболь В.Р., Матухин В.Л., S. Schorr // Труды 1-й Российско-Белорусской научно-технической конференции «Элементная база отечественной радиоэлектроники» (2013, Нижний Новгород, Россия). – Нижний Новгород, 2013. – Том 1. – С. 172–175.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНЫ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Хисматулов Л.Р., Валиуллин М.А., Давыдов А.П., Гатиятуллин М.Р., Кулмакова Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

INVESTIGATION OF HEATING OF THE CERAMIC PLATE BY CURRENTS HIGH-FREQUENCY

Hismatulov L.R., Valiullin M.A., Davydov A.P., Gatiyatullin M.R., Kulmakova R.R.,
Kazan state University of architecture and construction, Kazan

Аннотация

В статье приводится описание экспериментальной установки для нагрева керамической пластины токами высокой частоты на базе источника Supra мощностью 1000 Вт и частотой волн 2,45 ГГц.

Annotation

The article describes the experimental apparatus for heating a ceramic plate by high fre-quency based on the source «Supra» 1000 W and a frequency of 2.45 GHz waves.

Нагрев приточного воздуха в системах вентиляции проходит в диапазоне температур поверхности нагревательных элементов до 150 °С. Это приводит к увеличению габаритных размеров приточных камер. Для снижения габаритных размеров приточных камер целесообразно использовать нагревательные элементы с большей температурой поверхности нагрева, например керамические нагревательные элементы. Для решения данной проблемы была разработана и смонтирована экспериментальная установка с керамическим нагревательным элементом с нагревом токами высокой частоты в диапазоне 2,45 ГГц.

Экспериментальная установка (рис. 1) была смонтирована на базе источника токов высокой частоты Supra мощностью 1000 Вт и частотой волн 2,45 ГГц, потребляемое электричество и мощность которого измеряются с помощью мультиметра ИМС-Ф1. Для исследования были изготовлены керамические образцы размерами 24 х24 мм, 24 х18 мм и 24 х12 мм и толщиной δ = 0.004 м. Керамические образцы были подвергнуты термической обработке при температурах 600 °С, 800 °С и 1200 °С. Подача и удаление воздуха в установке осуществляется принудительно с помощью вентилятора по изолированным полипропиленовым воздуховодам диаметром 50 мм.

Для определения параметров (объем, температура) нагреваемого воздуха устанавливался коллектор диаметром 50 мм с микроманометром и одноканальный измеритель-регулятор с RS-485 ОВЕН ТРМ201, который при помощи преобразователя интерфейса RS-485 – USB

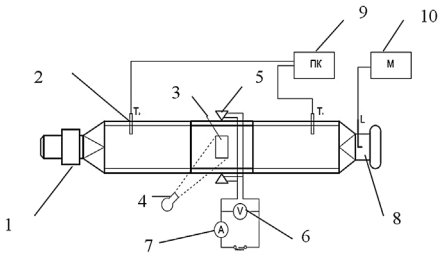


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – вентилятор; 2 – термопара; 3 – керамическая пластина; 4 – пирометр; 5 – источник токов высокой частоты; 6 – вольтметр; 7 – амперметр; 8 – измерительный коллектор d=50 мм; 9 – компьютер; 10 – микроманометр

передавал и сохранял данные в персональном компьютере. Экспериментальные данные снимались как для стационарного, так и динамического режимов. После снятия характеристик стационарного режима было произведено сравнение их с уже известными графиками [1]. Полученные значения дали хорошую сходимость с имеющимися данными, приведенными в литературе [1]. При динамическом режиме регистрация показаний осуществлялась ПК с частотой регистрации 1 Гц датчиками температуры на воздуховодах.

По данным эксперимента (рис. 2) были получены мгновенные численные значения динамики роста температуры на поверхности нагреваемых элементов - tп = f (τ), а также зависимости свойств нагревательных элементов от размеров и температуры термической обработки, тепловой производительности установки.

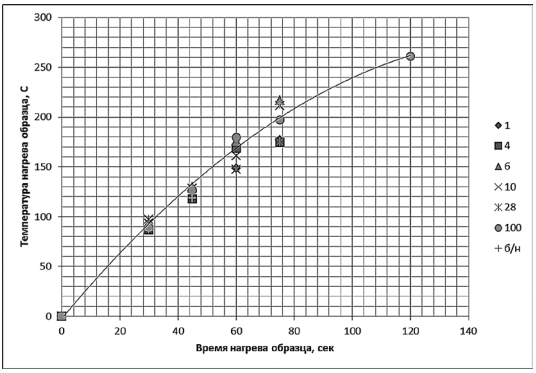


Рис.2. Динамика роста температуры керамической пластины 24х24х4 мм массой 0.00365 кг

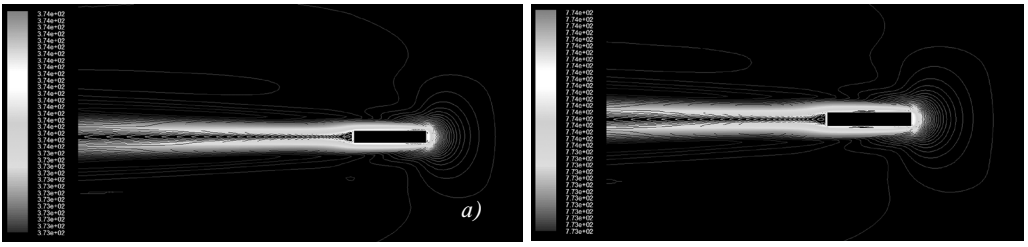


Рис. 3. Линии тока обтекания нагретой керамической пластины

На рисунке 3 приведены линии тока при обтекании керамической пластины при t=500 °С и V=50 м/с (рис. 3 а) и t=100 °С и V=50 м/с (рис. 3 б).

Литература

1. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Коэффициент расхода всасывающего отверстия при различных значениях чисел Re. Известия КГАСУ, № 2 (16), 2011.
2. Давыдов А.П., Валиуллин М.А. Коэффициент расхода всасывающей щели с внутренним экраном. Известия КГАСУ, №3 (17), 2011.
3. Галямов Р.Р., Кузьмин В.В., Чупаев А.В., Гайнуллина А.А. Трансформация значений коэффициентов истечения расходомерных сопел под воздействием турбулизации потоков контролируемых сред. Вестник КТУ, том 16, № 1, 2013.
4. Анаников С.В. Нестационарная теплоотдача от жидкости, перемещаемой через кольцевой цилиндрический канал. Вестник КТУ, том 16, № 2, 2013.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПОИСКА СКРЫТЫХ КАНАЛОВ, ПОЛОСТЕЙ И ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

METHODS AND METHODS OF SEARCH HIDDEN CHANNELS, CAVITIES AND PIPELINES BY VIBROACOUSTIC METHOD

Gaponenko S.O., Kondrat'ev A.E.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

Необходимость разработки новых методов и методик поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов, из которых наиболее перспективным, по мнению авторов, является акустический метод с использованием резонансных явлений. Для реализации предлагаемого метода разработан и изготовлен измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов с программным обеспечением.

Annotation

Need of development of new methods and techniques of search of channels, cavities and pipelines from which the most perspective, according to authors, the acoustic method with use of the resonant phenomena is. For realization of an offered method the measuring and diagnostic complex for definition of an arrangement of the hidden pipelines with the software is developed and made.

Введение

С увеличением времени эксплуатации тепловых сетей увеличивается скрытая коррозия, что приводит к увеличению количества остановок оборудования и к серьезным авариям, которые наносят непоправимый ущерб окружающей среде, экономике и нередко бывают причиной гибели людей. Поэтому надежная работа тепловых сетей – проблема не только техническая, но и социальная, поскольку напрямую затрагивает интересы населения. И для обеспечения безопасной эксплуатации тепловых сетей требуется постоянно увеличивать объемы и качество комплексного диагностирования, материального и финансового обеспечения работ по ремонту и реконструкции объектов.

В настоящее время для обнаружения подземных инженерных коммуникаций наибольшее распространение получил индукционный метод поиска. В основе метода лежит наличие электромагнитного поля вдоль проводника с током. Для проведения обследования местности перед проведением работ, трассировки инженерных коммуникаций и поиска неисправностей кабельных линий необходим комплект поискового оборудования, состоящий из генератора и универсального приемника. Источником тока специальной частоты является генератор, подключенный к искомой инженерной коммуникации. Однако этот метод не обеспечивает высокую достоверность и избирательность определения расположения трубопроводов. Кроме того, применение данного метода невозможно для поиска неметаллических объектов.

Для решения указанных недостатков разработан способ определения расположения трубопроводов. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность применения предлагаемого технического решения.

Способ определения расположения скрытых каналов, полостей, трубопроводов

Способ реализуется следующим образом (рис. 1).

На персональном компьютере 1 производят поиск резонансной частоты трубопровода 6 в диапазоне от 800 до 3100 Гц. Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 1 в аналоговую форму производится ЦАП 2, а усиление сигнала, поступающего на динами-

ческий излучатель 4, усилителем 3. После регистрации резонансной частоты трубопровода 6 чувствительный элемент 7 перемещают над грунтом в сторону сохранения максимальной амплитуды колебаний грунта на заданной частоте. Регистрация сигнала персональным компьютером 1 производится АЦП 8. Для повышения достоверности определения расположения трубопровода поиск повторяют на других резонансных частотах, находящихся в диапазоне от 800 до 3100 Гц.

Предлагаемый способ обеспечивает высокую достоверность обнаружения как неметаллических, так и металлических трубопроводов [1].

На рисунке 1 изображено устройство, реализующее предлагаемый способ определения расположения трубопровода.

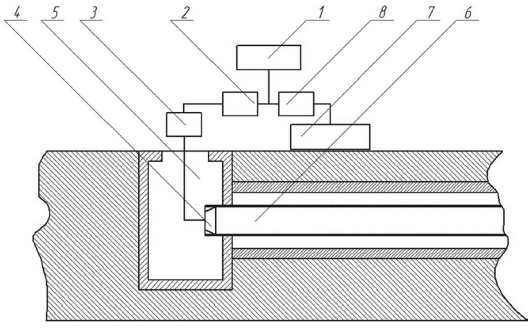


Рис. 1. Устройство, реализующее предлагаемый способ определения расположения трубопровода: 1 – персональный компьютер, 2 – цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), 3 – усилитель сигнала, 4 – динамический излучатель, 5 – колодец, 6 – трубопровод, 7 – чувствительный элемент, 8 – аналогово-цифровой преобразователь (АЦП)

Задачей предлагаемого способа и реализующего его устройства (рис. 2) является создание устройства для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды, позволяющего упростить процесс сканирования поверхности грунта, а также обеспечить достоверное обнаружение трубопроводов различных диаметров и материалов [2, 3].

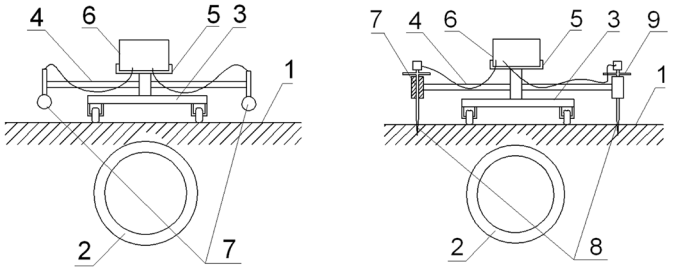


Рис. 2. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды: 1 – поверхность грунта; 2 – трубопровод; 3 – тележка; 4 – телескопическая штанга; 5 – люлька; 6 – вычислитель разности вибросигналов; 7 – фиксирующее кольцо; 8 – штырь с пьезоэлектрическим датчиком; 9 – рукоять

Описание экспериментальной установки

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 3.

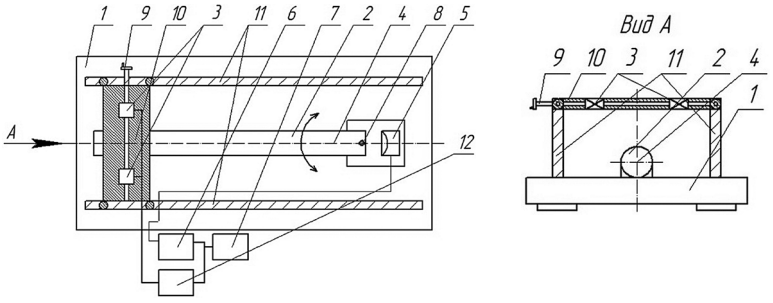


Рис. 3. Экспериментальная установка:
1 –основание; 2 – исследуемый трубопровод; 3 – чувствительный элемент (микрофон); 4 – продольная ось исследуемого трубопровода; 5 – акустический излучатель; 6 – цифроаналоговый преобразователь (ЦАП); 7 – персональный компьютер (ПК); 8 – шарнирное крепление исследуемого трубопровода к основанию; 9 – устройство перемещения чувствительных элементов; 10 – каретка; 11 – направляющая каретки; 12 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

Принцип работы устройства заключается в регистрации микрофонами 3 акустических сигналов, которые возбуждаются в исследуемом трубопроводе 2 акустическим излучателем 5 [4].

Установка имеет массивное виброустойчивое основание 1, на котором шарнирно закреплен конец исследуемого трубопровода 2. На этом же конце трубопровода 2 устанавливают акустический излучатель 5.

Микрофоны 3, расположенные на каретке 10, устанавливают над трубопроводом 2. С помощью персонального компьютера 7 производят поиск резонансных частот колебаний трубопровода 2. Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 7 в аналоговую форму производится ЦАП 6. Каретка 10 имеет возможность перемещения по направляющим 11 вдоль исследуемого трубопровода 2, ось которого можно отклонить от направляющих при помощи шарнирного крепления 8. Таким образом, можно варьировать расстояние от трубопровода 2 до микрофонов 3.

Экспериментальные исследования для отработки предлагаемого способа и программного обеспечения проводились в соответствии со следующим алгоритмом (рис. 4).

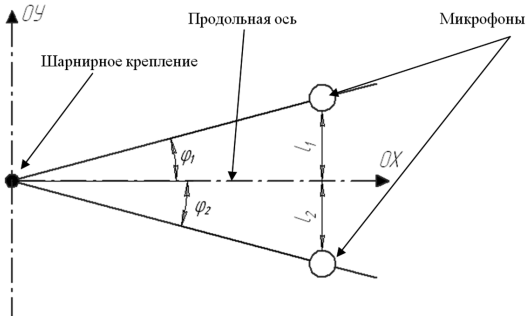


Рис. 4. Схема проведения экспериментальных исследований

Алгоритм экспериментальных исследований

Перед началом эксперимента обязательным условием является калибровка измерительной системы экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования выполняются в следующей последовательности:

1. Микрофоны устанавливаются на равные расстояния от продольной оси исследуемого трубопровода. Исходное положение трубопровода изображено на рис. 4, из которого видно, что соблюдается равенство углов ϕ_1 и ϕ_2, а также расстояний l1 и l2.

2. На акустический излучатель подается гармонический сигнал качающейся частоты в диапазоне от 500 до 4000 Гц. Производится поиск резонансной частоты трубопровода по наличию максимума амплитуд принимаемых микрофонами сигналов.

3. Акустическим излучателем в трубопроводе возбуждается сигнал резонансной частоты, который регистрируется микрофонами. Сигнал с микрофонов поступает в персональный компьютер, где производится его оцифровка для последующего сравнения. Измерения проводятся при различных углах ϕ_1 и ϕ_2 отклонения трубопровода от продольной оси (OX) установки, при которых изменяются расстояния до микрофонов l1 и l2.

4. Сравниваются амплитуды принятых двумя микрофонами сигналов. В случае несовпадения положения исследуемого трубопровода с осью OX разница амплитуд сигналов, принимаемых микрофонами, должна быть пропорциональна расстояниям l1 и l2.

5. Для повышения достоверности результатов при каждом положении исследуемого трубопровода следует проводить не менее трех измерений.

Предварительные результаты, полученные с помощью предложенного способа и разработанного в КГЭУ программного обеспечения на экспериментальной установке, показали возможность получения достоверной информации об изменении расстояния оси трубопровода до чувствительных элементов. В перспективе дальнейших исследований планируется отработка способа на натурных объектах.

Литература

1. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р., Гапоненко С.О. Способ определения расположения трубопроводов: пат. Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель КГЭУ. – № 2482515; заявл. 15.12.2011; опубл. 20.05.2013.
2. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р., Гапоненко С.О. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды: пат. 120784, Рос. Федерация. № 2012115909/28; заявл. 19.04.12; опубл. 27.09.12. Бюл. № 27. 2 с.
3. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р., Гапоненко С.О. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды: пат. 120785, Рос. Федерация. № 2012115910/28; заявл. 19.04.12; опубл. 27.09.12. Бюл. № 27. 2 с.
4. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р., Гапоненко С.О., Мутигуллин Р.З. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов: пат. Рос. Федерация: заявитель и патентообладатель КГЭУ. – №127203; заявл. 06.12.2012; опубл. 20.04.13.

К ИЗВЛЕЧЕНИЮ ВАНАДИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

Нукенов Д.Н.,
Центральная комиссия по разведке и разработке полезных ископаемых Министерства нефти и газа Республики Казахстан, г. Астана,
Мухаметшин Р.З.,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань,
Пунанова С.А.,
Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва

BY THE RECOVERY OF VANADIUM IN HEAVY OIL PRODUCTION

Nukenov D.N.,
Central Commission for exploration and development of mineral resources of the Ministry of oil and gas of the Republic of Kazakhstan; Astana
Mukhametshin R.Z.,
Kazan (Volga region) Federal University, Kazan
Punanova S.A.,
Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow

Аннотация

Целью данного исследования является рассмотрение вопросов, возникающих при добыче тяжелой ванадиеносной нефти, по сути – комплексного сырья. Накопление ванадия связано с процессом гипергенеза и вторичного обогащения нефти микроэлементами (МЭ). Для старых нефтедобывающих районов создание центров переработки тяжелой нефти и природных битумов с традиционными технологиями извлечения ванадия сопряжено с полной реконструкцией системы сбора и транспортировки нефти, поскольку требуется устранить практику смешения в трубопроводной системе нефтей маловязких, легких и тяжелых. Рассматривается альтернативный вариант извлечения ванадия в промысловых условиях. Это позволит, во-первых, существенно уменьшить потери ресурсов ванадия и, во-вторых, в то же время снизит вредное воздействие на нефтепромысловое оборудование, транспортную систему и окажет положительное влияние на экологическую ситуацию по всей технологической цепочке от добычи до переработки.

Annotation

The aim of this study is to review issues arising in the vanadium-bearing heavy oil, in fact complex materials. The accumulation of vanadium is associated with the process of supergenesis and secondary enrichment of oil trace elements. The creating centers of heavy oil and crude bitumen with traditional technologies of vanadium recoveryn in the old oil-producing regions is associated with a complete reconstruction of the system of oil collection and transportation. This is because to eliminate the factor of mixing in the pipeline system of low-viscosity light oils, and heavy oils. The alternative variant of the vanadium recovery in field conditions.

This will allow, first, significantly reduce the loss of vanadium resources, and secondly, at the same time reduce the harmful effects on the oil field equipment, transport system and have a positive effect on the ecological situation on the entire processing chain from production to crude petroleum refining.

Во многих странах мира (США, Канада, Венесуэла, Германия и др.) большая часть ванадия извлекается из тяжелой нефти и битуминозных песчаников, то есть является продуктом переработки углеводородного сырья. Образование тяжелых нефтей и природных битумов связано с процессами современного или древнего гипергенеза, при которых нефти подвергаются процессам физического выветривания, неорганического окисления, вымывания водами (промывания), биодеградации и осернения, т.е. процессам вторичного их преобразования [1–3].

В зоне гипергенеза под действием перечисленных процессов изменяются не только физико-химические свойства нафтидов и их УВ состав, но и содержание микроэлементов (МЭ). В связи с потерей легких фракций в нафтидах значительно возрастает абсолютная концентрация элементов, связанных со смолисто-асфальтеновыми веществами (САВ) – V, Ni, Co, Mo, Cr, Cu и др. [1, 3].

С точки зрения оценки значимости ресурсов скопления тяжелой нефти и природных битумов признаны во многих регионах промышленно ванадиеносными, в связи с чем они рассматриваются как комплексное сырье добычи УВ и сопутствующих им металлов [1-6]. Следует отметить, что тяжелые нефти интенсивно и успешно осваиваются во всем мире. Эту группу нафтидов принято относить к нетрадиционным вследствие сложностей использования технологий, обеспечивающих их рентабельное освоение. В то же время именно комплексность использования этого вида полезных ископаемых позволяет повысить его ценность [7, 8].

В странах СНГ исторически сложилось так, что производственные мощности по переработке нефти не были нацелены на извлечение металлов, и в первую очередь ванадия. В этом плане важной сырьевой базой поддержания нефтедобычи в России становятся уже освоенные нефтегазоносные области с развитой инфраструктурой [7], в первую очередь в ее Европейской части.

В Республике Казахстан по всем показателям гипергенно измененными являются нефти месторождений Бузачинского свода (Туранская платформа). Независимо от их приуроченности к различным горизонтам они характеризуются как тяжелые (0,920–0,940 г/см^3), высокоцикличные, высокосмолистые (18–30 %), сернистые (до 2 %), высоковязкие (до 500 мПа·с), с низкой температурой застывания – (20–27 °С), недонасыщенные газом в пластовых условиях. Особенностью нефтей является повышенное содержание микроэлементов [8–11]. Представляется, что исследованные нефти Бузачинской нефтегазоносной области имеют единый источник образования; нефтематеринскими являются среднеюрские аргиллиты, а отличия в свойствах нефтей и их МЭ составе объясняются различной интенсивностью процессов гипергенного преобразования флюидов [7].

Следует особо отметить, что теплохимические методы, например метод внутрипластового горения, при выработке запасов ванадиеносных нафтидов неприемлемы ввиду значительных потерь металлов в пласте [3, 12], а также из-за возможного попадания V и Ni в вышезалегающие водоносные горизонты, используемые для водоснабжения населения. Подобное уже зафиксировано на участке внутрипластового горения месторождения Каражанбас: по данным Хисметова Т.В. (1992 г.), анализ проб пластовых вод со скважин этого участка показал наличие в них V и других МЭ.

Проблемы переработки ванадиеносных нефтей в течение последних 25 лет активно обсуждаются как в печати, так и на форумах различного уровня специалистами России и Казахстана. Ими признано для геологических условий типа татарстанских, где высокое содержание ванадия и сопутствующего ему никеля отмечается в широком стратиграфическом диапазоне разреза (от нижнего карбона до верхнеонай перми на глубинах от 50 до 1100 м), что для более полного извлечения металлов целесообразна схема территориального и технологического совмещения добычи и переработки тяжелой нефти и природных битумов (Белонин М.Д. и др., 1990; Якуцени В.П. и др., 1994). Однако система сбора и транспорта нефти построена таким образом, что в магистральные трубопроводы (и не только!) в едином потоке транспортируются маловязкие нефти терригенных отложений девона с низким содержанием МЭ и ванадиеносные (с содержанием ванадия до 700–900 г/т) высоко- и сверхвязкие нефти нижнего и среднего карбона и перми. В результате концентрация ванадия падает до значений, меньших кондиционного (<120 г/т), что делает переработку нецелесообразной. Это означает, что для функционирования центров переработки тяжелой и «битуминозной» нефти необходимо менять существующую инфраструктуру, в том числе и внутрипромысловые коммуникации. Поэтому нам представляется рациональным внедрение альтернативных технологий. Очевидно, суммарный экономический эффект от добычи нефти и получения

ванадия из нефтей может существенно возрасти, если наиболее полно извлекать ванадий из содержащих его нефтей на начальных стадиях технологической цепи, то есть в процессе добычи и подготовки нефти к транспортировке.

Новые нетрадиционные технологии выделения соединений ванадия из тяжелых нефтей месторождений Северные Бузачи и Каражанбас [8, 13] предложены специалистами Казахстана и России. Один из разрабатываемых методов основан на применении центрифугирования и накопления осадка, содержащего ванадий. В практике центрифугирования применяют два способа разделения жидких неоднородных систем: центробежное фильтрование и центробежное осаждение. При разделении суспензии в центрифугах в роторе под действием центробежной силы происходит фильтрация жидкости через фильтрованную ткань или металлическую сетку с одновременным отложением на последней частиц твердой фазы. Жидкость проходит через сита, затем через отверстия в роторе и выбрасывается в кожух центрифуги, а осадок выгружается либо во время вращения ротора, либо после его полной остановки. При разделении суспензии в осадительных центрифугах твердые частицы, имеющие, как правило, большую плотность, чем жидкий компонент, осаждаются под действием центробежной силы в виде кольцевого слоя. Жидкость отводится из вращающегося ротора путем перелива через борт или с помощью отсосной трубы. Усовершенствованный вариант этих методов приводится в патенте [14]. Тогда способ извлечения ванадия включает несколько этапов:

1. Исходную нефть подвергают резонансно-волновому воздействию путем ультразвуковой обработки и/или низкочастотной кавитации с последующим центрифугированием.

2. Жидкую фракцию после центрифугирования направляют на транспортировку, а шламы с механическими примесями подвергают магнитной сепарации, где происходит разделение на парамагнитную фракцию, содержащую соединения ванадия, и ферромагнитную фракцию, содержащую соединения железа и никеля.

3. Парамагнитную фракцию прокаливают при температуре 350–500 °С и из образующихся зольных остатков извлекают ванадий, а из ферромагнитной фракции – железо и никель. Ультразвуковую обработку ведут при частоте 20–35 кГц с помощью акустических излучателей, которые устанавливают в трубопроводе или емкости.

Нам представляется, что суммарный экономический эффект получения ванадия из нефтей может существенно возрасти, если наиболее полно извлекать ванадий из содержащих его нефтей на начальных стадиях технологической цепи, то есть в процессе добычи и подготовки нефти к транспортировке.

Литература

1. Пунанова С.А., Виноградова Т.Л. Геохимические особенности гипергенно преобразованных нефтей // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – № 10. – 2011. – С. 27–30.
2. Мухаметшин Р.З., Пунанова С.А., Виноградова Т.Л. Нафтиды зоны гипергенеза – объект увеличения ресурсной базы углеводородов и металлов // Увеличение нефтеотдачи – приоритетное направление воспроизводства запасов углеводородного сырья: Матер. Междунар. науч.-практич. конфер. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2011. – С. 350–353.
3. Мухаметшин Р.З., Пунанова С.А. Нетрадиционные источники углеводородного сырья: геохимические особенности и аспекты освоения // Нефтяное хозяйство. – № 3. – 2012. – С. 28–32.
4. Гольдберг И.С. Природные битумы СССР (Закономерности формирования и размещения). – Л.: Недра, 1981. – 195 с.
5. Грибков В.В. Один из возможных природных процессов обогащения нефтей ванадием // Попутные компоненты нефтей и проблемы их извлечения. – Л.: ВНИГРИ, 1989. – С. 28–39.

6. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Микроэлементы каустобиолитов. Проблемы генезиса и промышленного использования. – Saarbruchen (Germany): Lambert Academic Publishing, 2012. – 367 с.
7. Белонин М.Д., Шумейкин С.А., Якуцени В.П. Комплекс мер, стимулирующих разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и падающей добычей // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – № 6. – 2004. – С. 39–46.
8. Нукенов Д.Н., Пунанова С.А., Агафонова З.Г. Металлы в нефтях, их концентрация и методы извлечения. – М.: ГЕОС, 2001. – 77 с.
9. Мухаметшин Р.З., Нукенов Д., Пунанова С.А. Первоочередные объекты нетрадиционного углеводородного сырья на территории Татарстана и Казахстана // Геоінформатика. – № 2 (50). – 2014. – С. 36–42.
10. Нукенов Д. Комплексное освоение трудноизвлекаемых запасов углеводородов: методы извлечения ванадия из нефтей Казахстана // Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы: Матер. Междунар. научн.-практич. конфер. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2014. – С. 304–307.
11. Пунанова С.А., Нукенов Д.Н., Мухаметшин Р.З. К вопросу о металлоносных нефтях и возможности извлечения из них ванадия // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – № 10. – 2013. – С. 55–59.
12. Губницкий В.М. Природные битумы: состояние ресурсов – особенности освоения – возможности использования // Геология нефти и газа. – № 2. – 1997. – С. 14–18.
13. Нукенов Д., Бисембаев А., Рахметуллаев А. Изобретение новых конструкций роторных машин для очистки нефти. Пат. № 20876. Казахстан. 1998.
14. Нусупбекова Д.А., Нурмамбетов К.Э., Нурмамбетова Д.Э., Нукенов Д.Н. Способ извлечения металлов из высоковязких нефтей. Пат. № 23169 от 20.09.2010 г. Республика Казахстан.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-ОТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Ключников О.Р.,
ООО «Олепластика», г. Казань,
Усманов Ф.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Ключников И.О.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

STUDY IR REFLECTIVITY COATINGS AND MATERIALS

Kluchnikov O.R.,
ООО «Oleplastica», Kazan
Usmanov F.R.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan,
Kluchnikov I.O.,
Kazan National Research technological University, Kazan

Аннотация

Для рекомендации покрытий в качестве энергосберегающих необходима экспресс-оценка их ИК-отражающей способности. В связи с этим продолжается совершенствование ранее разработанного стенда КСУ- 1.

Annotation

For recommendations energy-saving coatings, require rapid assessment of their IR reflectance. In this connection continues to improve earlier developed stand KSU – 1.

Практическая часть

Изучение ИК-отражающей способности материалов и покрытий позволяет более полно судить об их теплоизоляционных свойствах. В продолжение ранее проведенных исследований [1, 2] нами разработан более компактный и мобильный стенд по определению сравнительной ИК-отражающей способности материалов КСУ-2, который состоит из листа пенопласта, на котором закреплены датчик радиометра «Аргус-03» и лампа накаливания 40 Вт с ограждающими экранами, которые предотвращают прямое попадание лучей от лампы накаливания на датчик радиометра «Аргус-03». Исследуемые покрытия располагаются напротив лампы накаливания и датчика ИК-излучения на фиксированном расстоянии длины направляющих стоек.

Фото нового стенда КСУ-2 показано на рис., где 1 – лист пенопласта 2 – лампа накаливания; 3 – датчик радиометра «Аргус-03», 4 – исследуемое покрытие; 5 – экраны; 6 – направляющие стойки.

Методика проведения экспериментов:

1) включается радиометр «Аргус-03» и выдерживается в течение 30 минут до приобретения датчиком температуры окружающей среды;

2) измеряется фоновое излучение окружающей среды;

3) устанавливается исследуемое покрытие;

4) включается лампа накаливания и через 5 секунд записывается показание радиометра, измерения проводятся 3 раза;

5) в качестве эталона ИК-отражающей способности покрытий берется полированная алюминиевая фольга.

По данной методике при использовании стенда КСУ-2 были проведены сравнения ряда покрытий на ИК-отражающую способность. В качестве основы для нанесения покрытий были использованы листы гипсокартона. Исследовались тонкопленочные резиновые покрытия (ТРП)

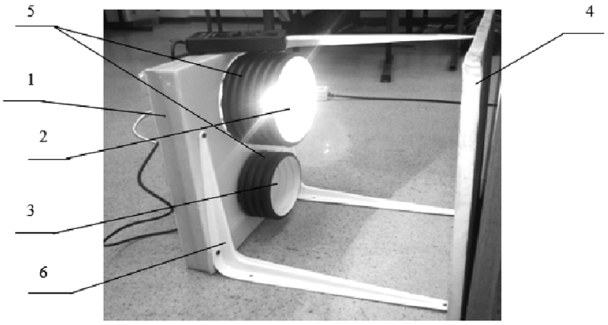


Рис. 1. Стенд КСУ-2 для исследования ИК-отражающей способности покрытий и материалов

без наполнителя, с наполнителями – алюминиевой пудрой, титановыми белилами, а также жидкокерамическое покрытие (ЖК-покрытие) «Теплосил» и гипсокартон, покрашенный черной краской типа «Лакра». После серии экспериментов полученные данные ИК-отражательной способности покрытий за вычетом фонового излучения, который на момент проведения измерений составил 27,2 (Вт/м^2), представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Данные ИК-отражательной способности покрытий

Покрытие	Показание радиометра, Вт/м^2
Алюминиевая фольга – эталон	6,1
ТРП с титановыми белилами	3,6
Покрытие «Теплосил»	3,2
ТРП с алюминиевой пудрой	2,1
Гипсокартон	2,0
ТРП	1,9
Гипсокартон с черной краской «Лакра»	0,6

Выводы

1. Разработан компактный стенд для определения ИК-отражающей способности материалов и покрытий КСУ-2.

2. В ряду исследованных покрытий лучший результат по ИК-отражающей способности был обнаружен при использовании тонкого резинового покрытия с наполнителем из титановых белил.

Литература

1. Ключников О.Р., Седлова П.П., Усманов Ф.Р. Разработка стенда и исследование ИК-отражающих свойств покрытий и материалов / Труды XIV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение, 18–20 марта 2014 г.» – Казань, 2014. – С. 731–732.
2. Ключников О.Р., Усманов Ф. Р. Исследование ИК-отражающих свойств тонкопленочных резиновых покрытий / Материалы Междунар. науч.-технич. конф. «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2014». Ч 1. – Казань, 2014. – С. 256–258.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ РЕАКЦИИ ВУЛКАНИЗАЦИИ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ КАУЧУКОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ С-НИТРОЗНЫМИ СИСТЕМАМИ

Хисматуллин Г.Р., Ключников О.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

STUDY ON HEAT EFFECT OF VULCANIZATION OF DIENE RUBBER BY USING ENERGY-SAVING C-NITROSO SYSTEMS

Khismatullin G.R., Klyuchnikov O.R.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Проведено калориметрическое исследование реакции вулканизации СКИ-3, СКД и СКЭПТ-ЭНБ 70 энергосберегающими С-нитрозными системами. Показаны экзотермические эффекты в области 70÷100 °С и 140÷200 °С.

Annotation

Calorimetric study on vulcanization of IR-3, BR and EPDM-ENB 70 by using energy-saving C-nitroso systems. It is shown exotherm at temperatures in the range 70 to 100 °C and 140 to 200 °C.

Введение

На сегодняшний день все чаще динитрозогенерирующие системы на основе п-бензохинондиоксимами и окислителей, полимерного п-динитрозобензола (ДНБ), хиноловых эфиров п-бензохинондиоксимами представлены в качестве эффективных низкотемпературных вулканизующих агентов каучуков, адгезивов типа резина-субстракт.

Сегодня становится актуальным вопрос расширения спектра применения энергосберегающих систем вулканизации, композиционных материалов на основе диеновых каучуков, отверждающихся при низких температурах, для нужд промышленности, ЖКХ, авиа-, автомобиле- и судостроения. Однако до настоящего времени оставался открытым вопрос исследования тепловых эффектов процесса вулканизации [1].

Экспериментальная часть

В связи с этим были проведены калориметрические исследования реакции вулканизации непредельных каучуков, таких как: СКЭПТ-ЭНБ 70, СКИ-3 и СКД, с использованием хинолового эфира ЭХ-1 и ДНБ, при использовании дифференциально сканирующего калориметра DSC Q200, на котором можно оценить тепловой эффект и область температур, где образуются экзотермические пики.

Зная начальную и конечную температуру, при котором образуются пики, можно корректировать производственный процесс, например, условия динамической вулканизации эластомеров.

Исследование проводилось при температуре 20÷200 °С со скоростью нагрева 5 °С/мин. в атмосфере азота при использовании непластифицированных и ненаполненных каучуков. На чистых каучуках экзотермических пиков не наблюдается.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены графики зависимости теплового потока (W/g) от температуры (°С) для реакции вулканизации СКЭПТ-ЭНБ 70 хиноловым эфиром ЭХ-1, СКИ-3 - ДНБ и СКД – ДНБ, где вулканизующие агенты ДНБ брались 2 %, ЭХ-1 5 % от массы каучука.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в процессе вулканизации непредельных каучуков ДНБ и ЭХ-1 обнаружены две области с экзотермическими пиками при 70÷100 °С и 140÷200 °С.

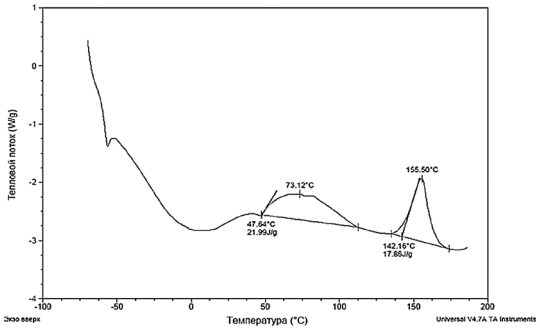


Рис. 1. График зависимости теплового потока (W/g) от температуры (°C) для реакции вулканизации СКЭПТ-ЭНБ 70 хиноловым эфиром ЭХ-1

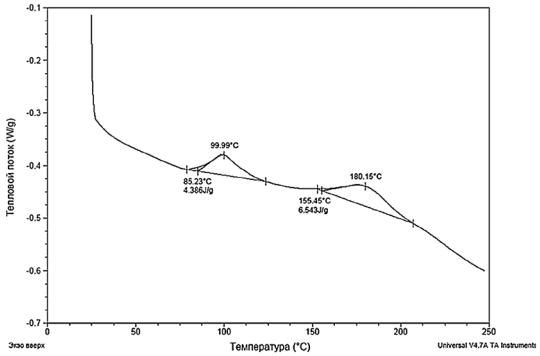


Рис. 2. График зависимости теплового потока (W/g) от температуры (°C) для реакции вулканизации каучука СКИ-3 ДНБ

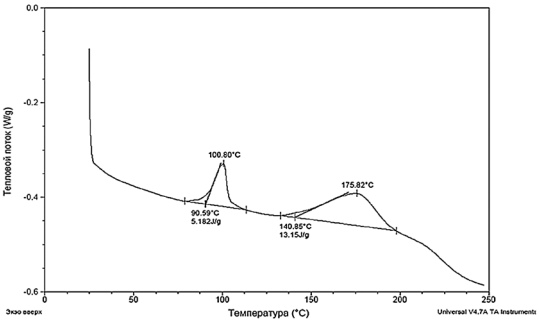


Рис. 3. График зависимости теплового потока (W/g) от температуры (°C) для реакции вулканизации каучука СКД ДНБ

Литература

1. Ключников О.Р., Муфлиханов И.И., Вольфсон С.И., Макаров Т.В., Ключников Я.О. Динитрозогенерирующие системы вулканизации ненасыщенных эластомеров. Монография. – Казань: Издательство «ФЭН», 2010. – 239 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА РАСХОДА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА

Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE VENTILATION FLOW STABILIZER

Broyda V.A., Safiullin F.F.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Представлены результаты экспериментального исследования модели стабилизатора расхода вентиляционного воздуха прямого действия. Определены потери давления стабилизатора при различных положениях подвижного элемента и усилия от действия воздушного потока, возникающие на подвижном элементе. Рассчитаны их безразмерные характеристики ζ и k в зависимости от относительного размера l/d. Полученные результаты составляют основу для конструирования и расчета стабилизатора расхода.

Annotation

Results of the experimental research of the model ventilation flow stabilizer with direct ac-tion are presented. Stabilizer pressure losses at various positions mobile element and efforts from action of arising air flow on mobile element are determined. Their dimensionless characteristics ζ and k depending of relative size l/d are calculated. Received results give the base for design and calculation of the flow stabilizer.

Предмет исследования

Как известно, расход естественной вытяжки увеличивается с понижением температуры наружного воздуха, соответственно возрастают бесполезные затраты тепла на нагревание. Стабилизация расхода естественной вытяжки в холодный период года дает заметную экономию тепловой энергии и, по предварительным расчетам, оправдывает стоимость стабилизирующих устройств.

Стабилизирующие устройства могут работать за счет внешних источников энергии. Но наиболее простые и дешевые устройства – это стабилизаторы расхода прямого действия, использующие энергию регулируемого потока воздуха. Такие устройства имеют подвижный регулирующий орган, который при повышении расхода в воздушном канале сокращает размеры сечения для прохода воздуха. Для компенсации возрастающего усилия от давления на регулирующий орган могут использоваться силы натяжения, возникающие, например, в упругих элементах.

Цель исследования

Целью исследования является экспериментальное определение потерь давления при различных положениях подвижного элемента стабилизирующего устройства, а также усилий, возникающих на подвижном элементе от действия на него воздушного потока. Такие усилия должен компенсировать упругий элемент стабилизатора расхода.

Метод исследования

Экспериментальные исследования проводились на стенде [1], показанном на рис. 1. В ходе проведения опытов для измерения динамического давления использовалась закрепленная на оси воздуховода и предварительно протарированная двухканальная пневмометрическая трубка. Измеренное динамическое давление регистрировалось микроманометром. По измеренным динамическим давлениям рассчитывались скорость и расход воздуха в канале d=160 мм.

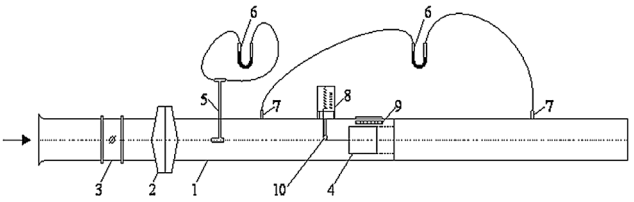


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:
1 – воздуховод; 2 – вентилятор; 3 – дроссель-клапан; 4 – подвижный элемент стабилизирующего устройства; 5 – двухканальная пневмометрическая трубка; 6 – микроманометр; 7 – штуцер для отбора статического давления; 8 – динамометр для определения усилий, возникающих на подвижном элементе; 9 – смотровое окно для контроля положения подвижного элемента; 10 – блок для нити, передающей усилие на динамометр.

По перепадам статических давлений, отбираемых от штуцеров на границах участка замеров длиной $l_{зм}$, определялись потери давления, зависящие от положения, перемещаемого вдоль оси воздуховода подвижного элемента стабилизирующего устройства. Далее вычислялись коэффициенты потерь давления ζ с учетом линейных потерь давления на участке замеров.

В ходе проведения опытов снимались показания усилий, возникающих от воздействия потока воздуха на перемещаемый элемент. Измерение усилий выполнялось с помощью пружинного динамометра, соединенного с перемещаемым элементом нитью, проведенной через блок.

Длина открытого для прохода воздуха проема l замерялась по линейной шкале наблюдением через закрывающее воздуховод застекленное смотровое окно. Значения динамического давления, перепада давления на штуцерах, усилие, величина l и другие величины снимались при равновесном положении перемещаемого элемента, когда аэродинамическое давление на перемещаемый элемент уравновешивалось силой динамометра.

Была проведена серия опытов для определения коэффициента местного сопротивления стабилизирующего устройства ζ. Для каждого положения перемещаемого элемента выполнялось 3 замера: при помощи дроссель-клапана выставлялся максимальный расход, а перемещаемый элемент устанавливался в таком положении, чтобы ширина проема для прохода воздуха l составляла заданную величину. Затем, после изменения расхода воздуха дроссель-клапаном до среднего и минимального, снимались давления пневмометрической трубки и давления на штуцерах. Изменение положения перемещаемого элемента, равное изменению длины проема l для прохода воздуха, находилось в диапазоне от 50 мм до 5 мм.

Обработка данных производилась по следующим формулам:

– расчетное давление $P_{расч}$, отобранной трубкой или на штуцерах, Па:

$$P_{расч} = P_{отсч} \cdot k_{шк} \cdot 9,81 \quad (1)$$

где $P_{отсч}$ – показания по шкале микроманометра; $k_{шк}$ – коэффициент наклона шкалы микроманометра, в опытах использовался $k_{шк}$=0,2;

– скорость воздуха в канале v, м/с:

$$v = 1,29 \cdot \sqrt{P_{расч.тр}} \quad (2)$$

L – расход воздуха в канале, м^3/с:

$$L = v \cdot F \quad (3)$$

где F – площадь сечения канала при d=0,16 м, $F=\pi \cdot d^2/4$=0,0201 м^2.

Коэффициент местного сопротивления находится по формуле:

$$\zeta = \frac{P_{шт} - R \cdot l_{зм}}{P_д} \quad (4)$$

где R – удельное сопротивление, определялось по справочным таблицам [2] в зависимости от диаметра и скорости, Па/м;

$R \cdot l_{зм}$ – расчетная потеря давления на участке между штуцерами, Па, где $l_{зм}$=1,325 м;

$P_{шт}$ – измеренный перепад давления между штуцерами, Па;

$P_д$ – динамическое давление в канале, Па.

Для определения усилий, возникающих на подвижном элементе, использовался пружинный динамометр с ценой деления 5 гр.

Опыты проводились в следующей последовательности:

– при помощи дроссель-клапана выставлялся первоначальный расход воздуха который измерялся двухканальной пневмометрической трубкой и микроманометром;

– дроссель-клапаном выставлялся увеличенный расход воздуха; натяжением динамометра подвижный элемент перемещался, сокращая размер окна для прохода воздуха, и возвращая его к первоначальному значению. В таком положении подвижного элемента измерялось усилие, показываемое динамометром и длина открытой части проема l.

В качестве безразмерной характеристики усилий рассчитывался коэффициент k

$$k = \frac{us/102}{f_n \cdot \rho \cdot v^2/2} \tag{5}$$

где us – усилие, измеряемое динамометром, гр; 102 – коэффициент пересчета усилий, измеренных в граммах (гр.), в ньютоны (Н); f_n – площадь поперечного сечения круглого подвижного элемента при d_n=0,11 м, $f_n = \pi \cdot d_n^2/4$ =0,0094 м^2.

Результаты исследования

Результаты замеров и расчетов по определению коэффициента местного сопротивления ζ в зависимости от относительной длины открытого проема l/d представлены на рис 2.

Зависимость ζ от l/d выражается эмпирической формулой:

$$\zeta = 2{,}781 \cdot (l/d)^{-0{,}676}$$

По результатам определения усилий построен график зависимости коэффициента k от величины l/d, представленный на рис. 3.

Экспериментальная зависимость выражается формулой:

$$k = 0{,}1625 \cdot (l/d)^{-1{,}096}$$

Малым значениям l/d соответствуют малые опытные расходы воздуха, и экспериментальные значения k в этой области могут иметь значительную погрешность, желательно их уточнить расчетами величины $k=f(l/d)$ численным методом (методом CFD).

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования составляют основу для конструирования и расчета стабилизирующего устройства прямого действия для конкретных условий. Применение простых, недорогих и не потребляющих энергию внешних источников стабилизирующих устройств позволит значительно снизить затраты тепловой энергии в холодный период года естественными вытяжными системами вентиляции.

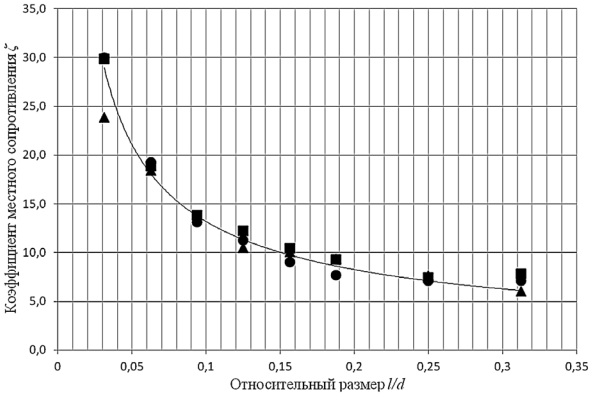


Рис. 2. График зависимости коэффициента местного сопротивления ζ от относительного размера открытого проема l/d

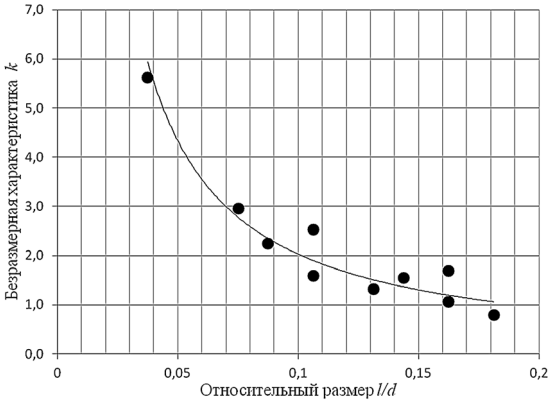


Рис. 3. График зависимости коэффициента k от l/d

Литература

1. Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф. Установка для исследования аэродинамики стабилизаторов расхода вентиляционного воздуха. Труды XIV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 2014. – Казань: ООО «Таграф», с. 656–658.
2. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С ЗАДАННЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Иванцов А.И.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

DESIGN OF EXTERIOR WALLS WITH THE SPECIFIED SERVICE LIFE

Ivantsov A.I.,
Kazan State University of Architecture and Construction, Kazan

Аннотация

В статье описан метод проектирования ограждающих конструкций с заранее заданным оптимальным сроком службы. Метод позволяет учесть на стадии проектирования реальный режим эксплуатации наружной стены и основные показатели долговечности теплоизоляционных материалов. Заданный срок службы наружных стен обеспечит должный уровень теплозащиты на протяжении всего периода эксплуатации здания.

Annotation

This paper describes a method of designing building envelopes with the specified optimal service life. The method allows to take into account at the design stage the practical use of the exte-rior wall and the main indicators of durability of thermal insulation materials. The specified service life of exterior walls should provide adequate thermal protection throughout the period of operation of the building.

Повышение требований к теплозащите зданий и энергосбережению в целом вызывает необходимость учета срока службы наружных стен на стадии их проектирования. Федеральный закон № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», принятый в 2009 году, в статье 33 предписывает, что «в проектной документации здания или сооружения должна содержаться информация о сроке эксплуатации здания или сооружения и их частей». Однако в настоящее время проектный комплекс не располагает методами оценки или прогнозирования сроков службы ограждающих конструкций.

Вместе с тем анализ экспериментальных данных показывает, что в процессе эксплуатации здания снижается общее сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, являющееся основным критерием теплозащиты и энергосбережения здания. При снижении этого показателя ниже требуемого значения конструкция стены перестанет отвечать современным требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция» и ФЗ-261 от 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», а значит учету фактора долговечности наружной стены по различным критериям необходимо уделять повышенное внимание при проектировании энергоэффективных зданий.

В этой связи разработка методов проектирования ограждающих конструкций, которые позволили бы учесть их оптимальный срок службы, является весьма актуальной задачей.

В основу метода определения требуемого срока службы наружных стен положен критерий теплозащиты: сохранение общего сопротивления теплопередаче конструкции ограждения R_{TO}, уменьшающееся в результате старения, на требуемом уровне по нормативным документам. Величина для заданного места строительства определяется нормативным документом – СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Т. е. критерий теплозащиты имеет вид:

$$R_{TO} < R_{TO}^{TP}. \quad (1)$$

Общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции складывается из сопротивлений теплопереходу на внутренней R_{TB} и наружной поверхностях R_{TH} и сопротивлений теплопередаче отдельных слоев:

$$R_{TO} = R_{TH} + \frac{\delta_{обл}}{\lambda_{обл}} + \frac{\delta_{т/и}}{\lambda_{т/и}} + \frac{\delta_{констр}}{\lambda_{констр}} + R_{TB}. \quad (2)$$

Как видно из формулы (2), снижению значения общего сопротивления теплопередаче в процессе эксплуатации может способствовать лишь повышение коэффициентов теплопроводности материальных слоев, так как значения R_{TH}, R_{TB} и толщины слоев δ_i остаются постоянными. Причем если облицовочные слои наружных стен подвергаются ремонту и восстановлению в процессе эксплуатации здания, а конструктивные слои практически не изменяют теплозащитных свойств, то снижение теплозащитных свойств ограждающих конструкций происходит в результате старения и повышения коэффициентов теплопроводности только теплоизоляционных слоев.

Тогда окончательно срок службы ограждающей конструкции по критерию теплозащиты определится временем увеличения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного слоя до значения, соответствующего критическому значению общего сопротивления теплопередаче, или отношением критического приращения коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ к ежегодному приращению этого коэффициента $\Delta\lambda_{год}$ в процессе эксплуатации:

$$\tau = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{\Delta\lambda_{год}} = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{\Delta\lambda_{год}}, \quad (3)$$

где λ_0 – начальное значение коэффициента теплопроводности материала теплоизоляции, Вт/м·°С;

$\lambda_{кр}$ – значение коэффициента теплопроводности материала утеплителя ограждения, соответствующего критическому сопротивлению теплопередаче конструкции, Вт/м·°С;

$\Delta\lambda_{кр}$ – критическое приращение коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°С;

$\Delta\lambda_{год}$ – приращение коэффициента теплопроводности материала утеплителя за год эксплуатации, Вт/м·°С.

Критическое значение коэффициента теплопроводности определяется по формуле:

$$\lambda_{кр} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{т/и}} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{TO}^{тр} - R_{TO,0}}, \quad (4)$$

где $\delta_{т/и}$ – толщина теплоизоляционного слоя, м;

$R_{TO}^{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче наружного ограждения, м^2·°С/Вт;

$R_{TO,0}$ – общее сопротивление теплопередаче конструкции ограждения за вычетом слоя теплоизоляции ($R_{TO,0} = R_{TH} + \delta_{обл}/\lambda_{обл} + \delta_{констр}/\lambda_{констр} + R_{TB}$), м^2·°С/Вт.

Из выражения (4) с учетом (3) можно выразить толщину теплоизоляционного слоя $\delta_{т/и}$, которая будет соответствовать критическому приращению коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ этого слоя:

$$\delta_{т/и} = \left(R_{TO}^{тр} - R_{TO,0}\right) \cdot \left(\lambda_0 + \Delta\lambda_{кр}\right). \quad (5)$$

Согласно (3) критическое приращение коэффициента теплопроводности критериально определяет срок службы конструкции ограждения τ. В этой связи, задавшись требуемым сроком службы наружного ограждения $\tau_{ТР}$ и определив приращение коэффициента теплопроводности материала утеплителя за год эксплуатации $\Delta\lambda_{год}$, которое зависит от свойств материала и эксплуатационных воздействий, возможно определить толщину теплоизоляционного слоя, которая обеспечит заданный срок службы.

Т. е. сущность разработанного метода проектирования наружных стен заключается в определении такой толщины теплоизоляционного слоя $\delta_{т/и}$, при которой критический прирост его коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ произойдет через заданное количество лет за счет увеличения доли сечения утеплителя с низкими эксплуатационными температурами.

Исследования позволили установить [2, 3], что изменение коэффициента теплопроводности материала теплоизоляции, имеющего полимерную основу, в наружных стенах происходит в основном в результате теплового старения в летний период. Это изменение можно оценить с позиции термофлуктуационной концепции разрушения полимерных материалов, используя температурно-временную аналогию, согласно которой имеется зависимость между сроком службы материала и температурой эксплуатационного воздействия:

$$\tau = \frac{\frac{\Delta\lambda_{кр}}{K_{\lambda}} \sum_{i=1}^{n} \exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{экв,i}} - \frac{1}{T_И}\right)\right]}{n}, \quad (6)$$

где $\Delta\lambda_{кр}/K_{\lambda}$ – продолжительность старения материала при температуре изотермических испытаний до критического увеличения коэффициента теплопроводности, выраженная через показатель долговечности при тепловом старении материала, лет;
E_a – энергия активации процесса термического разрушения, Дж/моль;
R – универсальная газовая постоянная, Дж/(К·моль);
$T_И$ – температура при изотермических испытаниях, К;
$T_{экв,i}$ – эквивалентная температура эксплуатации в i-том слое теплоизоляционного материала, К;
n – количество расчетных слоев в слое теплоизоляционного материала.

Эквивалентная температура эксплуатации теплоизоляционного материала определяется или на основании натурного испытания ограждающей конструкции в реальных эксплуатационных условиях, или на основании разработанного метода оценки таких температур по справочным климатическим данным места строительства [4]. Данный метод учитывает два вида температурного воздействия на ограждение: воздействие температуры наружного воздуха и воздействие солнечной радиации, вызывающей повышение температуры поверхности наружной стены. Метод позволяет учесть как регион строительства, так и ориентацию фасада по сторонам горизонта.

Выразив из выражения (5) $\Delta\lambda_{кр}$ и подставив в формулу (6), получим выражение для расчета толщины утеплителя, которая при известных параметрах долговечности обеспечит заданный срок службы:

$$\delta_{т/и} = \left(R_{ТО}^{ТР} - R_{ТО,0}\right) \cdot \left(\lambda_0 + n\tau_{ТР} K_{\lambda} \left(\sum_{i=1}^{n} \exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{экв,i}} - \frac{1}{T_И}\right)\right]\right)^{-1}\right). \quad (7)$$

По полученной формуле в качестве примера рассчитана требуемая толщина теплоизоляционного слоя для конструкции ограждения, состоящей из наружного штукатурного слоя (8 мм), теплоизоляционного слоя и слоя силикатного кирпича (380 мм), для жилого дома в климатических условиях г. Казани ($R^{тр}$ = 3,28 м^2·°С/Вт) при требуемом сроке службы в 60 лет. Данные расчета приведены в таблице.

Таблица 1.

Требуемая толщина теплоизоляционных слоев для обеспечения 60-летнего срока службы

Вид утеплителя	Характеристика конструкции	Ориентация фасада				
		Ю	С	В (З)	ЮВ (ЮЗ)	СВ (СЗ)
ППС	δ*т/и*, мм	144	126	146	146	138
	$R_{ТО}$, м^2·°С/Вт	4,32	3,86	4,37	4,37	4,16
Минеральная вата	δ*т/и*, мм	203	162	208	208	190
	$R_{ТО}$, м^2·°С/Вт	6,43	5,25	6,57	6,57	6,05

Можно видеть, что для обеспечения равного срока службы конструкции наружной стены необходима различная толщина теплоизоляционного слоя в зависимости от ориентации фасада здания по сторонам горизонта, что вызвано поступлением различной солнечной энергии к различно ориентированным фасадам, а значит, и различной скоростью деструкции теплоизоляционного материала.

К тому же, как следует из выражений (6) и (7), при оценке срока службы наружных стен недостаточно говорить только о виде теплоизоляционного материала. Среди технических характеристик теплоизоляционных материалов заводы-изготовители должны приводить величину энергии активации (Ea) и показатель долговечности материала (Kλ) при тепловом старении.

Литература

1. Куприянов В.Н. К определению оптимальной долговечности ограждающих конструкций жилых зданий массовой застройки / Куприянов В.Н., Иванцов А.И. // Известия КГАСУ. – 2013. – № 2 (24). – С. 118–125.
2. Иванцов А.И. Натурные исследования эксплуатационных воздействий на фасадные системы с различными видами эффективных утеплителей / Иванцов А.И., Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 29–32.
3. Иванцов А.И. Режим эксплуатации многослойных стеновых ограждающих конструкций как основа прогнозирования их срока службы / Иванцов А.И., Куприянов В.Н. // Известия КГАСУ. – 2014. – № 3 (29). – С. 32–40.
4. Иванцов А.И. Прогнозирование срока службы наружных стен жилых зданий по критерию теплозащиты / Иванцов А.И., Куприянов В.Н. // Известия КГАСУ. – 2014. – № 4 (30).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВСАСЫВАНИЯ НА ОБЪЕМ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА

Давыдов А.П., Валиуллин М.А., Ланцов А.Е., Габдрафиков Р.Р., Гатиятуллин М.Р., Кулмакова Р.Р.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

INVESTIGATION OF THEINFLUENCE OF UNEVEN SUCTION VOLUME OF EXHAUST AIR

Davydov A.P., Valiullin M.A., Lantsov A.E., Gabdrafikov R.R., Gatiyatullin M.R., Kulmakova R.R.,
Kazan State University of Architecture and Construction, Kazan

Аннотация

В статье приведены результаты математического моделировании работы воздухоприемной панели с заранее заданной неравномерностью. Моделирование выполнялось с использованием программы Fluent. При работе с программой были сделаны следующие допущения: расчеты в двухмерном пространстве; равномерное распределение скоростей; использовалась модель замыкания уравнений.

Annotation

The article presents the results of mathematical modeling of the air intake panel at a predetermined uneven. The simulation was performed using the program «Fluent». When using the following assumptions were made: The calculations in the two-dimensional space; uniform velocity distribution; using the model circuit equations.

Известна аналитическая зависимость [1], позволяющая определить скорость в потоке «источник-сток»

$$V_i = V_{oc}\frac{a_{oc}c_{oc}(a^2{}_{oc}\sin^2\varphi + c^2{}_{oc}\cos^2\varphi)^{2/3}}{bma_ic_i(a_i{}^2\sin^2\varphi + c_i{}^2\cos^2\varphi)^{2/3}}\int_0^{\varphi_i}\sqrt{(a_{oc}^2\sin^2\varphi + c_{oc}^2\cos^2\varphi)}d\varphi \qquad (1)$$

Уравнение (1) позволяет определить скорость воздуха по высоте отсоса при любой величине угла от 0 до φ_i. Из анализа уравнения (1) вытекает, что требуемая неравномерность всасывания воздуха по высоте отсоса зависит только от соотношения расстояний от общего полюса.

С целью проверки полученной зависимости были проведены экспериментальные исследования с использованием математического моделирования по программе Fluent.

Использование программы Fluent позволило моделировать конвективный поток и его улавливание при различных условиях неравномерности всасывающего факела.

При работе с программой использовались следующие допущения:

1) расчеты в двухмерном пространстве;

2) равномерное распределение скоростей;

3) использовалась модель замыкания уравнений.

Условия моделирования:

1) твердые границы;

2) проницаемые стенки;

3) границы с равномерным использованием скоростей, соответствующие заданному расходу;

4) нагреватель – стенка, с заданным распределением тепла.

На рисунке 1 приведены результаты моделирования конвективных потоков при условии «источник-сток» находящиеся под углом φ=90°. Соотношение объемов удаляемого воздуха через верхнюю часть и нижнюю часть воздухоприемника составляло – 4,45.

На рисунке 2 приведены результаты моделирования линий тока программой Fluent.

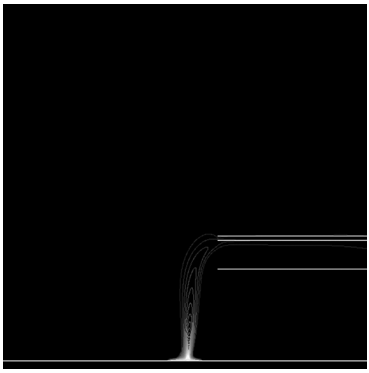


Рис. 1. Линии температур

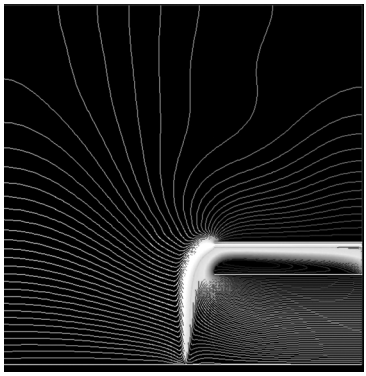


Рис. 2. Линии тока

Литература

1. Посохин В.Н. Рациональное конструирование местных отсосов. — Водоснабжение и санитарная техника, № 11, 1978, с. 28-29.
2. Аверьянов А.Г., Гримиткин Я.И., Тимофеева О.И., Эльтерман Е.М., Эльянов Л.С. Вентиляция цехов судостроительных заводов – Л.: Судостроение, 1969. 156 с.
3. Давыдов А.П., Валиуллин М.А. Габдрафиков Р.Р. К вопросу влияния неравномерности на объем удаляемого воздуха. Известия КГАСУ № 4, с. 170-174, (26) 2013.
4. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Расчет панелей постоянного сечения с неравномерным присоединением расхода воздуха по пути. Известия КГАСУ № 1 (2), с. 170-174, (26) 2004.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ШУМА ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ СТРУИ

Ягофаров О.Х., Накоряков П.В., Зиннатуллин Р.Р., Теляшов Д.А., Суховая Е.А., Драницина Е.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

STUDY OF THE TURBINE'S ACOUSTIC CHARACTERISTICS UNDER THE INFLUENCE OF NOISE PULSATING JET

Yagofarov O.H., Nakoryakov P.V., Zinnatullin R.R., Telyashov D.A., Sukhovaya E.A., Dranitsina E.A.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI, Kazan

Аннотация

В настоящее время актуальна проблема шумоглушения ДВС автомобилей. В данной работе исследовано акустическое влияние турбины на пульсирующую струю ДВС.

Annotation

Now the actual problem of noise control automobile internal combustion engines. In this work the authors studied the acoustic impact of the turbine on a pulsating jet of internal combustion engines.

Выпускные газы на выходе из цилиндра ДВС обладают достаточно высокой работоспособностью, которая реализуется в виде работы или теплоты, расходуемой на бытовые и технологические нужды.

Известны два способа использования энергии выпускных газов в двигателях: первый – полезный эффект получают без каких-либо дополнительных устройств, второй – такие устройства применяют.

Большое распространение получили комбинированные двигатели, в которых энергия выпускных газов в турбине превращается в работу. Работа турбины передается компрессору или в случае применения силовой турбины – на вал отбора мощности двигателя [1, 2].

Условия работы турбины комбинированного двигателя

Условия работы турбины в сочетании с поршневым двигателем можно характеризовать как неблагоприятные. Периодическое открытие выпускных клапанов и связанные с этим большие амплитуды давления и скорости нестационарного потока газа в выпускном трубопроводе служат причиной значительных потерь работоспособности газа при перетекании его в турбину. Потери в турбине вследствие нестационарности потока также заметно больше, чем при стационарном потоке.

Система наддува с турбиной постоянного давления

Характеристики потока газа в турбине, амплитуды давления и температуры во входном сечении, скорости в решетках турбины определяются в основном конструкцией выпускного трубопровода.

В наиболее благоприятных условиях работает турбина комбинированного двигателя с выпускным трубопроводом большого поперечного сечения и объема, выполняющая роль ресивера. Во время свободного выпуска в выпускном патрубке образуется волна давления большой амплитуды. Затем происходит расширение газа, вызванное резким изменением площади сечения на стыке патрубка с коллектором. Амплитуды давления и температуры газа перед турбиной невелики (рис. 1) и в несколько раз меньше, чем в патрубке за выпускным клапаном или окнами. Отсюда происходит название – система наддува с турбиной постоянного давления.

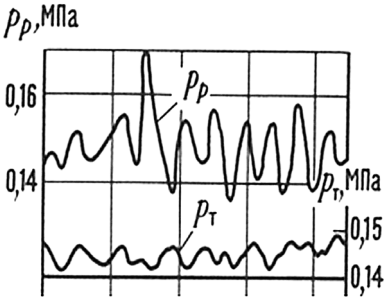


Рис. 1. Изменение давления газов в выпускном трубопроводе двухтактного двигателя с турбиной постоянного давления

К коллектору двигателя присоединяют выпускные патрубки всех цилиндров двигателя или одного ряда цилиндров и устанавливают либо один выпускной коллектор, либо два. Выпускная система двигателя проста по устройству и в изготовлении, имеет меньшие габаритные размеры, чем выпускная система с раздельными выпускными трубопроводами, несмотря на большие размеры поперечного сечения коллектора.

Система наддува с импульсной турбиной

Выпускную систему с раздельными выпускными трубопроводами для групп из нескольких цилиндров проектируют с таким расчетом, чтобы в конкретных условиях компоновки двигателя с учетом расположения турбины и компрессора уменьшить до минимума потерю энергии волны давления. В таком трубопроводе предотвращается наложение волн давления и разрежения, а также смешение потоков газов, вытекающих из отдельных цилиндров, что обуславливает значительное уменьшение потерь работоспособности газа.

Выпускные трубопроводы выполняют с относительно небольшой площадью поперечного сечения, приблизительно равной максимальной площади проходного сечения выпускных клапанов одного цилиндра, с минимальной по условиям компоновки длиной. Тем самым достигают уменьшения потерь работоспособности газа при его нестационарном течении в трубопроводе, возникающих вследствие расширения газа в волне давления. Амплитуды импульсов давления и температуры газа во входном сечении турбины достигают значительной величины (рис. 2), соответственно в больших пределах изменяются в продолжение цикла скорость и расход газа в турбине. Систему наддува с раздельными выпускными трубопроводами называют импульсной, или системой наддува с импульсной турбиной [3].

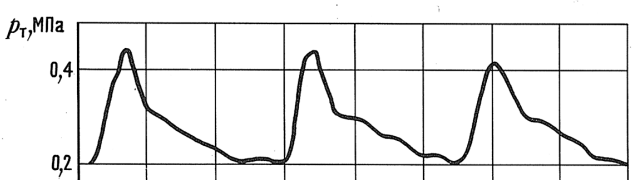


Рис. 2. Изменение давления газа во входном сечении импульсной турбины четырехтактного двигателя

Принцип работы турбины заключается в следующем: пульсирующая струя поступает во входной патрубок, далее поступает на рабочее колесо, которое имеет 36 лопаток под углом наклона 30°, после чего выходит через выходной патрубок.

Объект исследования

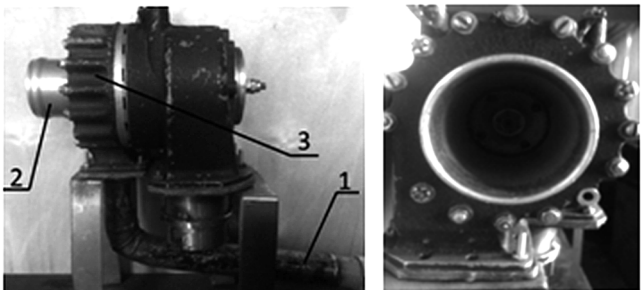


Рис. 3. Общий вид турбины: 1 – входной патрубок, 2 – выходной патрубок, 3 – корпус

Авторами данной статьи исследовано, как турбина влияет на шум пульсирующей струи, на специально разработанном стенде, генерирующем аналогичный шум струи двигателя внутреннего сгорания.

Исследование акустических характеристик турбины под влиянием пульсирующего потока

Ниже приведены два спектра акустического сигнала на двух «энергонесущих» вынуждающих частотах в ходе исследования влияния турбины на пульсирующую струю ДВС (рис. 4, 5).

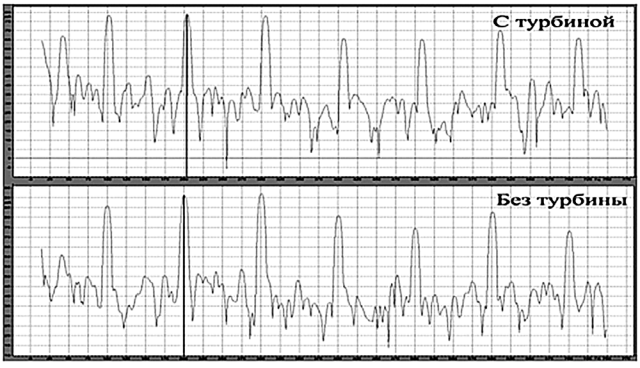


Рис. 4. Спектр акустического сигнала на частоте 200 Гц

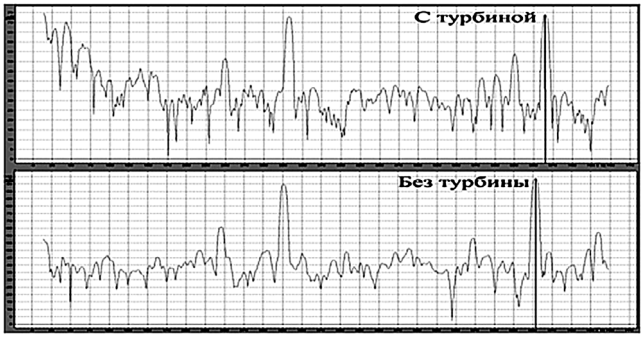


Рис. 5. Спектр акустического сигнала на частоте 650 Гц

Таблица 1.

Сводная таблица полученных результатов

Частота f, Гц	Уровень шума L, дБ	
	без турбины	с турбиной
50	77	68
80	82	71
200	91	79
500	94	78
650	99	74

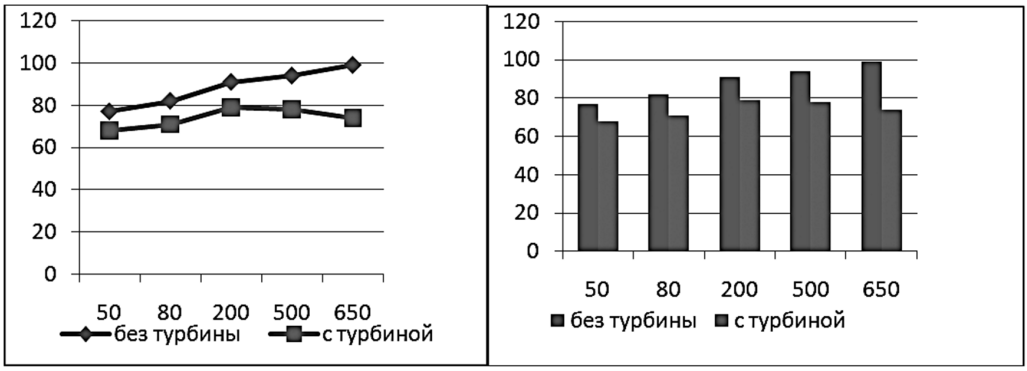


Рис. 6. Сводные графики зависимостей уровня шума от частоты пульсаций

Выводы

Исследования акустических влияний турбины на шум пульсирующей струи показали, что на всех частотах происходит эффективное шумоглушение. На частоте 650 Гц происходит наибольшее снижение уровня шума ДВС – 25 дБ, на частоте 50 Гц снижение уровня шума равно 9 дБ. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что турбина пригодна для газовоздушной и бензиновой техники как глушитель шума на впуске и выпуске (таб. 1), (рис. 6).

Литература

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. – Москва: Изд-во МГТУ; 2008. – 424 с.
2. Ржевкин С.Н. Курс лекций по теории звука. – Москва: Изд-во Московского университета; 1960. – 337 с.
3. Орлина А.С., Круглова М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. – Москва: Изд-во Машиностроение; 1983. – 372 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ В УСЛОВИЯХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Гатауллин Р.Н.,
ФГБУН «КазНЦ РАН», г. Казань

EFFICIENCY OF THE COMBINED BED STIMULATION IN THE CONDITIONS OF HORIZONTAL WELLS

Gataullin R.N.,
Kazan Science Centre of Russian Academy of Sciences, Kazan

Аннотация

Представленная работа посвящена рассмотрению особенностей комбинированного метода тепловолнового воздействия на продуктивный пласт в условиях горизонтальных скважин. Метод применяется с целью интенсификации процесса добычи нефти и повышения полноты ее извлечения. Обосновывается метод и механизм комбинированного воздействия на продуктивный пласт в условиях двух параллельных скважин, также выявлены условия, при которых данная технология будет максимально эффективной. Установлено, что максимальный положительный эффект воздействия достигается в диапазоне частот, при которых наблюдается резонанс в системе «скважина (излучатель) – продуктивный пласт».

Annotation

Introduced article is devoted viewing the features of the combined heat-wave action on a pay in the conditions of horizontal wells. The method is applied for the purpose to intensify the process of oil recovery and to increase the completeness of its withdrawal. The method and the mechanism of the combined action on a pay in the conditions of two parallel wells is justified, requirements also are revealed at which one produced technology will be max effective. It is erected that the max positive effect of the combined action is reached in a frequency band at which is observed the resonance in system «well (emitter) - a pay».

В данной работе предлагается использование технологии комбинированного (тепловолнового) воздействия на пласт. Вовлечение в разработку месторождений высоковязких нефтей и природных битумов связано прежде всего с решением задач кардинального снижения энергетических затрат, увеличения дебита скважин и в итоге – обеспечения рентабельности процесса добычи. Предложенные решения позволяют также обеспечить экологическую чистоту процессов и технических средств, вовлечь в эффективную разработку трудноизвлекаемые и высоковязкие нефти.

Сущность рассмотренных в данной статье решений состоит в том, что при определенных условиях по тракту скважины нагнетания агентов воздействия возбуждаются акустические колебания, благодаря которым в продуктивном пласте формируется волновое поле.

Метод комбинированного тепловолнового воздействия на продуктивный пласт заключается в одновременном воздействии тепловым и волновым полями на продуктивный пласт путем нагнетания теплоносителя через излучатель колебания давления, расположенный в горизонтальной скважине (ГС). При этом часть кинетической и потенциальной энергии (порядка 10 %) преобразуется в энергию акустических колебаний. Теплота и упругие волны распространяются в пласте и воздействуют на процесс фильтрации в нем, что способствует интенсификации процесса добычи нефти.

Благодаря значительному прогрессу в области техники и технологии строительства скважин в последние десятилетия интерес к горизонтальным скважинам многократно возрос. Горизонтальные скважины весьма успешно применяются при разработке месторождений высоковязких нефтей и природных битумов. При этом повышается актуальность задачи определения длины горизонтального ствола [1].

Практически во всех исследованиях подчеркивается, что по сравнению с традиционными вертикальными скважинами при вскрытии продуктивных пластов горизонтальным стволом производительность скважин увеличивается в несколько раз. Многие авторы, исследующие вопросы, связанные с горизонтальными скважинами, отмечают следующие существенные причины бурения горизонтальных скважин [2 и др.]: значительно повышается отбор нефти; формируется новая геометрия дренирования пласта; растет производительность при наличии вертикальных трещин; становится рентабельной разработка низкопродуктивных и практически истощенных пластов, причем стоимость бурения горизонтальных скважин сопоставима со стоимостью вертикальных.

На рис. 1 приведена схема рассматриваемого участка скважины. Исследуемая система представляет собой емкость, ограниченную обсадной колонной, забоем скважины и торцом излучателя или размещенными в обсадной колонне отражателями. Емкость снабжена узкими перфорационными отверстиями, через которые она сообщается с окружающей средой – продуктивным пластом. Перфорационные отверстия проходят через стенку обсадной колонны и цементный камень.

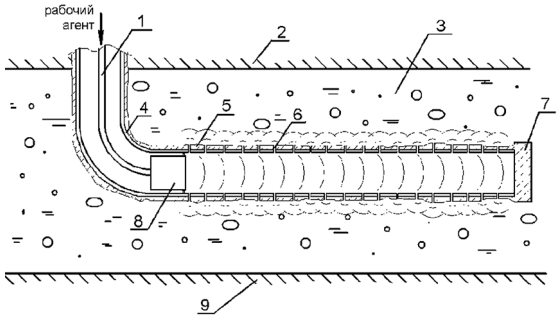


Рис. 1. Схема горизонтальной скважины: 1 – насосно-компрессорная труба (НКТ) , 2 – кровля пласта, 3 – продуктивный пласт, 4 – обсадная колонна, 5 – цементный камень, 6 – перфорационные отверстия, 7 – дно скважины, 8 – излучатель, 9 – подошва пласта

Горизонтальная скважина в пласте является линейным источником тепловой и волновой энергии. Собственные колебания частоты в горизонтальной скважине кратны числу волн. Воздействие волнового поля наиболее эффективно в том случае, когда волны распространяются перпендикулярно кровле или подошве продуктивного пласта. Эффективность этих волн обусловлена тем, что они, многократно отражаясь от кровли и подошвы, затухают, не покидая объема пласта, ограниченного длиной скважины. Волны, падающие на кровлю и подошву под острым углом, после многократного отражения покидают этот объем. Энергия ушедших волн является потерянной для зоны пласта в пределах длины скважины. С точки зрения теплообмена горизонтальная скважина, к которой подводится теплота, представляет собой уложенный в грунте теплопровод, от которого теплота передается пласту. Также следует отметить, что максимальный положительный эффект интегрированного воздействия достигается в диапазоне частот, в котором наблюдаются резонансные колебания системы «излучатель (скважина) – продуктивный пласт» [3].

Анализ результатов применения технологии добычи битумов при помощи ГС [4 и др.] показал, что наиболее эффективным является использование двух горизонтальных скважин, расположенных одна над другой. Верхняя служит для нагнетания теплоносителя, нижняя – для отбора битума, это так называемая технология SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage) [5] (рис. 2).

При добыче высоковязких нефтей и природного битума с применением термоволнового воздействия на пласт целесообразно принять именно эту технологию, когда пар подается

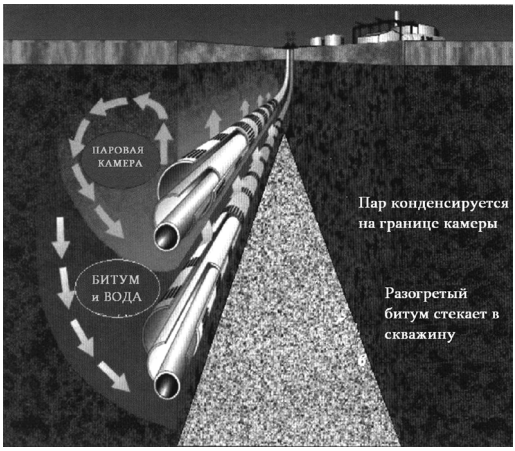


Рис. 2. Схема разработки продуктивного пласта с помощью горизонтальных скважин: нагнетательной (сверху) и добывающей

через излучатель колебаний давления в верхнюю горизонтальную скважину. При этом формируется волновое поле, воздействующее совместно с температурой на пласт, а из нижней горизонтальной скважины отбирается нефть или битум.

Реализация технологических параметров комбинированного воздействия на залежи нефти и природного битума происходит в объеме, который касается температурного и волнового полей колебаний и систем их обеспечения. Из прогретой зоны нефть (битум) и конденсат стекают к нижней перфорированной горизонтальной трубе. В случае неперфорированной верхней горизонтальной скважины прогрев пласта происходит за счет теплопроводности длительное время. Поэтому верхняя труба перфорируется. Делается, это также для эффективного прохождения волнового поля из скважины в пласт. Благодаря этому осуществляется напорный режим добычи. При этом регулируется режим закачки пара, чтобы не допустить большое паро-нефтяное соотношение. Этот вариант тепловолнового воздействия является наиболее эффективным для условий на месторождениях Республики Татарстан. Этот процесс называется гравитационным дренированием с помощью пара [4].

Верхняя горизонтальная скважина используется для нагнетания пара в пласт и создания высокотемпературной зоны. Процесс парогравитационного воздействия начинается со стадии предпрогрева, в процессе которой (несколько месяцев) происходит циркуляция пара в обеих скважинах. При этом за счет кондуктивного переноса тепла разогревается зона пласта между добывающей и нагнетательной скважинами, снижается вязкость нефти в этой зоне, что обеспечивает гидродинамическую связь между скважинами. На основной стадии добычи в нагнетательную скважину закачивается пар, который из-за разницы плотностей пробивается к верхней части продуктивного пласта, создавая увеличивающуюся в размерах паровую камеру. На поверхности раздела паровой камеры и холодных нефтенасыщенных пространств постоянно происходит процесс теплообмена, в результате которого пар конденсируется в воду и вместе с разогретой нефтью под действием силы тяжести стекает к добывающей скважине. Увеличение паровой зоны (камеры) вверх продолжается до тех пор, пока она не достигнет кровли пласта: затем она начинает расширяться в стороны. При этом нефть всегда контактирует с высокотемпературной паровой камерой. Вследствие чего потери тепла минимальны. Процесс может быть реализован на залежах практически любой вязкости углеводородов.

Применение тепловолнового воздействия на продуктивный пласт рентабельно также с точки зрения очистки призабойной зоны пласта, поскольку при эксплуатации пласта в ствол добывающей скважины совместно с нефтью выносятся парафины, асфальто-смоли-

стые вещества, механические примеси, вода и др. Пониженные значения температуры и давления приводят к интенсивным отложениям парафинов. Температура плавления многих парафинов лежит в пределах 40–80 °С. Тепловое поле должно обеспечить плавление парафина в призабойной зоне пласта и вынос его при последующей эксплуатации скважины на земную поверхность.

В связи с увеличением теплопроводности насыщенных горных пород в упругом поле повышается эффективность совместного применения термического и волнового воздействия. В этом случае, изменяя интенсивность и частоту акустического поля, можно увеличить или уменьшить радиус прогрева приствольного массива.

Анализ результатов исследования свидетельствует, что только при определенных условиях может быть достигнут максимальный приток нефти к горизонтальным скважинам. Таким образом, к факторам, имеющим решающее значение, относятся геологические характеристики разреза, фильтрационные параметры пласта, физико-механические свойства породы и пластовых жидкостей. Указанные свойства влияют на распределение теплового и волнового полей при тепловолновом воздействии на нефтяной пласт и, следовательно, на процесс фильтрации и продуктивность добывающих скважин [6].

Заключение

Применительно к высоковязким нефтям (в том числе и битумам) предложено одновременное воздействие на пласт тепловым и волновым полями путем подачи теплоносителя в пласт через генератор колебаний давления в условиях горизонтальных скважин.

Выявлены особенности эффективной реализации технологии комбинированного воздействия на продуктивный пласт в системе двух параллельных ГС.

Эффективность применения термоволнового воздействия на продуктивные пласты в условиях горизонтальных скважин обусловлена значительным повышением нефтеотдачи пласта, увеличением проницаемости пористой среды, снижением вязкости нефти и увеличением притока к добывающим скважинам.

Литература

1. Гатауллин Р.Н., Кравцов Я.И., Коханова С.Я. Особенности метода интегрированного воздействия на продуктивный пласт при применении горизонтальных скважин. // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – № 3 – 2008. – С. 9–14.
2. Иктисанов В.А. Гидродинамические исследования и моделирование многоствольных горизонтальных скважин. — Казань: Изд-во «Ялутон», 2007. — 124 с.
3. Гатауллин Р.Н., Кравцов Я.И., Марфин Е.А. Экспериментальное исследование процесса формирования волнового поля в перфорированной скважине. // Труды Академэнерго. – 2012. – № 3. – С. 108–119.
4. Шандрыгин А.Н. Разработка залежей тяжелой нефти и природного битума методом парогравитационного дренажа (SAGD) // Нефтяное хозяйство – 2006. – № 7. – С. 92–96.
5. Joshi S.D. Horizontal well technology // Penn. Well. Tulsa. OK, 1991.
6. Гатауллин Р.Н., Кравцов Я.И., Марфин Е.А. Интенсификация добычи трудноизвлекаемых углеводородов за счет интегрированного тепловолнового воздействия на пласт. // Нефтяное хозяйство. – 2013 – № 1. – С. 90–93.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ

Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

ENERGY-SAVING COVER

Khabibullin Iu.Kh., Barysheva O.B.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

Экономия энергетических ресурсов является одним из важнейших условий развития страны. Разрабатываются новые теплоизоляционные материалы, которые исключают нерациональный расход энергии.

Annotation

Saving energy is one of the most important conditions for development of the country. Development of new insulation materials that eliminate wasteful energy consumption.

Актуальность

В последнее десятилетие в нашей стране проблеме энергосбережения стало уделяться особое внимание. Россия – северная страна, характеризующаяся весьма низкой среднегодовой температурой окружающей среды (-5,5 °С) и значительной длительностью отопительного сезона, превышающей в целом ряде регионов 200 дней. Кроме того, в стране эксплуатируется значительный процент морально и физически устаревшего оборудования. Только при транспортировке по изношенным трубопроводам систем теплоснабжения страна теряет более 80 млн тонн условного топлива в год при общем расходе на теплоснабжение около 400 млн тонн условного топлива в год [1].

Одним из путей повышения энергоэффективности зданий, сооружений и трубопроводов является использование эффективной тепловой изоляции.

Энергосберегающие покрытия

В последние годы появились новые теплоизоляционные материалы на основе минеральных и синтетических микросфер, обладающих ценными свойствами. В основном используются воздухонаполненные микросферы, но также освоено производство газонаполненных и вакуумированных микросфер с размерами частиц от 10 до 300 мкм.

В приведенной работе рассматривается энергосберегающая композиция, наполненная микросферами, которая может использоваться в качестве антикоррозионного и теплоизоляционного покрытия трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, а также воздуховодов систем воздушного отопления и вентиляции [2].

Предлагаемый состав включает в себя эпоксидную смолу, отверждаемую аминным отвердителем. В качестве эластификатора используется реакционноспособный каучук. Для повышения огнестойкости в состав добавляют слюду мусковит.

Композицию для энергосберегающего покрытия готовят следующим образом. В начале тщательно перемешивают эпоксидную смолу с реакционноспособным каучуком. Затем в этот состав добавляют полые микросферы и также тщательно перемешивают. Далее тщательно перемешивают слюду мусковит с отвердителем. Полученную смесь совмещают с наполненной микросферами эпоксидно-каучуковой композицией, тщательно перемешивают и наносят на предварительно подготовленную поверхность.

Наполненные керамическими или стеклянными микросферами покрытия обладают высокой способностью отражения и рассеивания падающего на поверхность излучения.

В исходном состоянии густую текучую композицию из эпоксидной смолы, отвердителя, слюды мусковит и жидкого каучука, в которой находятся заполненные разреженным газом или воздухом минеральные микросферы.

Важно отметить, что в процессе приготовления состава растворители не используются, поэтому при нанесении покрытия специальных мер безопасности не требуется, что имеет большое значение при работе в закрытых помещениях.

После нанесения состава на защищаемую поверхность в процессе реакции поликонденсации образуется прочный эластичный полимерный каркас, в котором структурированы минеральные микросферы, обладающие высоким термическим сопротивлением. В итоге формируется высокопрочное, эластичное, не пропускающее влагу покрытие, блокирующее все виды теплопередачи.

Теплоизоляционные свойства такого покрытия обеспечиваются наличием в нем среды с низким значением коэффициента теплопроводности (разреженного газа или вакуума). При этом связующее и материал стенок микросфер имеют достаточно высокий коэффициент теплопроводности. Для улучшения теплоизоляционных свойств покрытия необходимо максимально увеличить концентрацию микросфер в составе покрытия.

Необходимая прочность покрытия обеспечивается при концентрации микросфер от до 100 масс. частей, однако при повышенных требованиях к механической прочности объёмная концентрация микросфер может быть снижена.

Исследования показали, что при диаметре микросфер менее 40 мкм теплоизоляционные свойства покрытия ухудшаются. Это происходит ввиду увеличения количества «тепловых мостиков», которые образуются близко расположенными друг к другу стенками микросфер, имеющими низкое термическое сопротивление.

В случае увеличения диаметра микросфер более 120 мкм также снижаются теплоизоляционные характеристики покрытия, обусловленные на этот раз повышением объёмной концентрации полимера.

Также установлено, что наполнение полыми микросферами фракций 40–120 мкм значительно повышает химстойкость и атмосферную устойчивость покрытия, что, очевидно, связано с уменьшением доли полимера в покрытии.

Следует отметить, что форма покрытия повторяет форму поверхности, на которую наносится состав и за счет высоких адгезионных свойств предотвращается образование зазоров между защищаемой поверхностью и покрытием. Эти зазоры могут заполняться влагой за счет капиллярной конденсации, приводя тем самым к коррозии и разрушению защищаемого материала.

Резюме

Предлагаемое покрытие обладает высокими теплоизоляционными, прочностными, огнезащитными и антикоррозионными свойствами, что позволяет применять его для защиты трубопроводов и воздуховодов в системах отопления и вентиляции.

Литература

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с., илл.
2. Патент РФ № 2522008, опубл. 10.07.2014, бюл. № 19.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ С НЕЛИНЕЙНЫМИ МОДЕЛЯМИ МАЛЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Мещанов А.С., Севрюгин С.Ю., Туктаров Э.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань

ENERGY SAVING DIGITAL CONTROL WITH THE NONLINEAR MODELS OF SMALL DIMENSIONS

Meshchanov A.S., Sevrugin S.U., Tuktarov E.A.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev - KAI, Kazan

Аннотация

На основе аналогового управления, полученного в докладе [1] с применением динамических свойств модельного объекта, предлагаются методы синтеза эффективных цифровых разрывных векторных управлений, приводящих систему с нелинейным нестационарным объектом при неопределенных возмущениях в скользящий режим на подвижном многообразии скольжения. Предлагаются методы его синтеза в цифровом варианте по модельной системе. Обеспечивается заданное качество переходных процессов, уменьшение и минимизация модулей составляющих управления и энергетических затрат.

Annotation

Based on the analogue control, resulting in the report [1] using the dynamic properties of the object model, offers methods of synthesis of efficient digital discontinuous vector control, resulting in a system with non-linear non-stationary objects with uncertain disturbances in sliding mode on the movable sliding manifold. The methods of its synthesis in digital form by the model system. Providing a predetermined quality transient reduction and minimization of the module of control components and energy costs.

Введение

Рассматривается система (6) из доклада [1]:

$$\dot{x}(t) = f_0(x,t) + P_0(x,t)u^* + N_0(x,t) + h(x,t,u), \qquad (1)$$

где $h(x,t,u)$ – суммарное неопределенное возмущение, $h(x,t,u) = \Delta f(x,t) + \Delta B(x,t)u + D_0(x,t) \times$ $\times (F_0(x,t) + \Delta F(t)) + \Delta D(x,t)\Delta F(t)$, $P_0(x,t) = B_0(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1}$, $N_0(x,t) = D_0(x,t)F_0(x,t) + \varphi_0(x,t)$ – номинальное возмущение, $C(t)$ - $m \times n$ – матрица $(n-m)$ – мерного подвижного многообразия

$$S(s = (s_1,...,s_m)^T = C(t)x = 0). \qquad (2)$$

Решаются задачи:

1. Найти простой по реализации метод синтеза эффективного цифрового разрывного векторного управления, приводящего систему (1) в скользящий режим на подвижном многообразии скольжения S (2).
2. Найти цифровой метод синтеза подвижных многообразий скольжения по заданному качеству переходных процессов.
3. Найти методы уменьшения и минимизации энергетических затрат на управление.

Варианты нахождения цифрового управления

Управление u^{*i}, постоянное на каждом малом шаге $t \in I_i = (t_i, t_{i+1}]$, $i = \overline{0,k-1}$, приводящее систему (1) в скользящий режим на многообразии S (2) следует из условия попадания изображающей точки (и.т.) на это многообразие:

$$u_j^{i*} = u_j^{i*+},\ \ \dot{s}_j^i = \dot{s}_{j\text{з}}^{i+} < 0 \quad \text{при} \quad s_j^i > 0, \qquad u_j^{i*} = u_j^{i*-},\ \ \dot{s}_j^i = \dot{s}_{j\text{з}}^{i-} > 0 \quad \text{при} \quad s_j^i \le 0, \qquad (3)$$

где символ «i» для цифрового управления (3) означает момент времени $t = t_i$ на шагах вычислений составляющих $u_j^{*i\pm}$ векторного управления u^* при $t \in I_i$, $i = \overline{0, k-1}$. Задаваемые и настраиваемые по результатам пробных моделирований системы управления значения $\dot{s}_{j\text{з}}^{i\pm}$ в пределах ограничений (3) определяют качество процессов до попадания и.т. на многообразие S (2) и в малой ее окрестности полагаются близкими к нулевым значениям с целью регулирования параметров колебаний управления (во избежание их возможного негативного воздействия на исполнительные механизмы [2]). С учетом ограничений на h, $h_{l*} < h_l^i < h_l^*$, $l = \overline{1,n}$, условий (3) и выражения производной $\dot{s}_j$ (8) [1] получаем ограничения на задание дискретных значений $u_j^{*i\pm}$ составляющих u_j^{i*} управления u^*:

$$\begin{aligned} u_j^{*i+} &\le \dot{s}_{j\text{з}}^{i+} - \dot{C}_j^i x^i - C_j^i (f_0(x^i, t_i) + N_0(x^i, t_i)) - \max_{h_1^i, \dots, h_n^i} [\textstyle\sum_{l=1}^n c_{jl}^i h_l^i], \\ u_j^{*i-} &\ge \dot{s}_{j\text{з}}^{i-} - \dot{C}_j^i x^i - C_j^i (f_0(x^i, t_i) + N_0(x^i, t_i)) - \min_{h_1^i, \dots, h_n^i} [\textstyle\sum_{l=1}^n c_{jl}^i h_l^i], \end{aligned} \qquad (4)$$

где c_{jl}^i – элементы $m \times n$ – матриц C^i, в моменты времени $t = t_i$, $i = \overline{0, k-1}$.

Цифровые управления u^i для исходной системы (1) [1] находятся согласно соотношению $u(t) = (C(t)B_0(x,t))^{-1} u^*(t)$ на каждом i–м шаге по формулам $u^i = (C^i B_0^i(x^i, t_i))^{-1} u^{i*}$, в которых $u^{i*} = (u_1^{i*}, \dots, u_m^{i*})^T$, $u_j^{i*} = u_j^{i*+}$ при $s_j^i > 0$, $u_j^{i*} = u_j^{i*-}$ при $s_j^i < 0$.

Рассмотрим второй вариант синтеза цифрового разрывного управления. Предлагается производную $\dot{x}$ в $\dot{s}_j$ (8) [1] находить путем вычислений значений x^{i+1} по методу Рунге-Кутта 4-го порядка. Производная $\dot{x}^i$ в моменты $t = t_i$ запишется

$\dot{x}^i = \dot{x}(t_i) = (x^{i+1} - x^i)/\Delta t = (R_1^i + 2R_2^i + 2R_3^i + R_4^i)/6$, $R_l^i = K_l^i/\Delta t$, $l = \overline{1,4}$; $\Delta t = t_{i+1} - t_i$, $i = \overline{0, k-1}$,

$K_1^i = (f_0(x^i, t_i) + P_0(x^i, t_i)u^{*i} + N_0(x^i, t_i) + h^i)\Delta t$, $K_2^i = (f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + P_0(x^i + K_1^i/2, t_i +$

$+ \Delta t/2)u^{*i} + N_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + h^i)\Delta t$, $K_3^i = (f_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + P_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2)u^{*i} + N_0(x^i +$

$K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + h^i)\Delta t$, $K_4^i = (f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + P_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t)u^{*i} + N_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + h^i)\Delta t$.

Составляющие $s^{\cdot}{}_j$ с учетом выражений $x^{\cdot i}$ принимают на i-м шаге вид:

$\dot{s}_j^i = \dot{C}_j^i x^i + C_j^i \dot{x}^i = \dot{C}_j^i x^i + C_j^i[(f_0(x^i, t_i) + P_0(x^i, t_i)u^{*i} + N_0(x^i, t_i) + h^i) + 2(f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + P_0(x^i +$

$+ K_1^i/2, t_i + \Delta t/2)u^{*i} + N_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + h^i) + 2(f_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + P_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2)u^{*i} +$

$+ N_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + h^i) + (f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + P_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t)u^{*i} + N_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + h^i)]/6$,

где с учетом соотношения $B_0(x,t)(C(t)B_0(x,t))^{-1} = P_0(x,t)$ и постоянства значений всех составляющих в выражении $s^{\cdot}{}_j$ на каждом i-м шаге выполняется равенство

$C_j^i[P_0(x^i, t_i) + 2P_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + 2P_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + P_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t)]/6 = 1$.

Приходим к выражениям для производных $\dot{s}_j^i$ в виде

$\dot{s}_j^i = \dot{C}_j^i x^i + C_j^i \dot{x}^i = \dot{C}_j^i x^i + C_j^i[(f_0(x^i, t_i) + N_0(x^i, t_i)) + 2(f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i, t_i) + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2)) +$

$+ 2(f_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2)) + (f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + N_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t))]/6 + h^i + u_j^{*i}$.

Задаваясь на каждом i-м шаге для управлений u^{*i} законом переключения структур $u_j^{*i\pm}$ (3) приходим согласно производным $\dot{s}_j^i$ ко второму варианту неравенств для $u_j^{*i\pm}$:

$u_j^{*i+} \le \dot{s}_{j\text{з}}^{i+} - \dot{C}_j^i x^i - C_j^i[(f_0(x^i, t_i) + N_0(x^i, t_i)) + 2(f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i, t_i) + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2)) + 2(f_0(x^i + K_2^i/2,$

$t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2)) + (f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + N_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t))]/6 - \max_{h_1^i, \dots, h_n^i} [\textstyle\sum_{l=1}^n c_{jl}^i h_l^i]$,

$u_j^{*i-} \ge \dot{s}_{j3}^{i-} - \dot{C}_j^i x^i - C_j^i[(f_0(x^i,t_i) + N_0(x^i,t_i)) + 2(f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i, t_i) + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2)) + 2(f_0(x^i + K_2^i/2,$
$t_i + \Delta t/2) + N_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2)) + (f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t) + N_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t))]/6 - \min_{h_1^i,\dots,h_n^i} [\sum_{l=1}^n c_{jl}^i h_l^i].$

Применение последних неравенств обеспечивает более высокую точность определения цифрового управления u, в особенности при нулевом векторе неопределенных возмущений h. Для дальнейшего повышения точности нахождения управлений $u_j^{*i\pm}$, с переходом от неравенств к равенствам, сумма $\sum_{l=1}^n c_{jl}^i h_l^i$ идентифицируется со второго шага в результате вычисления производных $\dot{s}_j^i$ с конца первого шага $(t_0, t_1]$.

Метод синтеза подвижных многообразий скольжения по заданному качеству переходных процессов

С этой целью, как и в докладе [1], предполагаются выполненными условия инвариантности скользящих режимов на многообразии $S(s = (s_1,\dots,s_m)^T = C(t)x = 0)$ к векторам номинальных и неопределенных возмущений, выводятся уравнения скользящего режима на данном многообразии с полным вектором x координат и с исключением субвектора последних m координат системы (1). Рассматривается модельная система с такой же пониженной размерностью и с заданными по качеству переходными процессами с применением для этого методов синтеза управлений работы [3]. В результате приравнивания правых частей данных двух систем (модельной с матрицей $\widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)$ модельного управления $u_{\text{м}} = \widetilde{K}_{\text{м}}(y^1,t)y^1$ и системы скольжения) при одинаковых начальных условиях находится система дифференциальных уравнений для определения вектора модельного состояния и матрицы $C(t)$ с начальными условиями $C(t_0)$, соответствующими прохождению многообразия скольжения через начальное состояние модельной системы, равное состоянию исходной системы (данные сведения представлены в докладе [1] и сопровождаются системами уравнений и соотношениями (11)-(19)). Исходная система (1) [1] воспроизводит в скольжении с начального момента времени желаемое по качеству процессов модельное движение.

Методы уменьшения и минимизации энергетических затрат на управление

Помимо первых двух подходов, представленных в работе [1] для аналогового управления, с этой целью и для представления матрицы многообразия скольжения для синтеза управления в цифровом виде рассматривается система разностных уравнений, объединяющая две подсистемы. В первую входят разностные уравнения исходной системы (1), модельной системы и системы вычисления матрицы многообразия скольжения. Во второй подсистеме при совпадении первых двух уравнений с уравнениями первой подсистемы третье уравнение определяет такую матрицу многообразия скольжения, при котором воспроизводится подходящее по качеству процессов движение самого объекта, что сопровождается в скользящем режиме на таком многообразии практически нулевым значением векторного управления. За подходящее движение объекта берется такое, для которого определенно-положительная функция Ляпунова V имеет отрицательную производную $\dot{V}_{об}$, меньшую чем $\dot{V}$ при действии управления. Основные по модулю слагаемые $-\dot{C}_j^i x^i - C_j^i f_0(x^i,t_i)$ в управлении (4) и

$-\dot{C}_j^i x^i - C_j^i[f_0(x^i,t_i) + 2f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + 2f_0(x^i + K_2^i/2, t_i + \Delta t/2) + f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t)]/6$

во втором варианте управления переключаются при $\dot{V}_{об} < \dot{V} < 0$ соответственно на слагаемые $-\dot{C}_{обj}^i x^i - C_{обj}^i(f_0(x^i,t_i))$ и $-\dot{C}_{обj}^i x^i - C_{обj}^i[f_0(x^i,t_i) + 2f_0(x^i + K_1^i/2, t_i + \Delta t/2) + 2f_0(x^i + K_2^i/2, t_i +$
$+ \Delta t/2) + f_0(x^i + K_3^i, t_i + \Delta t)]/6$, которые обращаются в ноль в силу выполнения равенства $f_0(x^i,t_i) = A_0(x^i,t_i)x^i$ и условия $\dot{C}_{обj}^i = -C_{обj}^i A_0(x^i,t_i)$ для скользящего режима на многообра-

зии $S(s=(s_1,...,s_m)^T=C_{об}(t)x=0)$ фазового пространства самого объекта управления с воспроизведением модельного движения без управления.

Система разностных уравнений следует из численного решения двух переключаемых подсистем уравнений динамики [1] с включенным и отключенным модельным цифровым управлением $u^i_м=\widetilde{K}_м(y^{1i},t)y^i$ и соответствующими значениями управлений $u^{*i\pm}_j$ (3):

$$\dot{x}=f_0(x,t)+P_0(x,t)u^*+N_0(x,t)+h(x,t,u), \qquad \dot{x}=f_0(x,t)+P_0(x,t)u^*+N_0(x,t)+h(x,t,u),$$
$$\dot{y}^1=f^1_0(y,t)-B_{01}(y,t)\widetilde{K}_м(y^1,t)y^1, \qquad \dot{z}^1=f_{01}(z,t)=(A_{011}(z,t)-A_{012}(z,t)C^1_{об}(t))z^1,$$
$$\dot{C}^1=-C^1(t)(A_{011}(y,t)-A_{012}(y,t)C^1(t))-(A_{021}(y,t)- \qquad \dot{C}^1_{об}=[-C^1_{об}A_{011}(z,t)+A_{021}(z,t)+(C^1_{об}A_{012}(z,t)+$$
$$-A_{022}(y,t)C^1(t))+(C(t)B_0(y,t))\widetilde{K}_м(y^1,t) \text{ при } \dot{V}<\dot{V}_{об}; \qquad +C^1_{об}A_{022}(z,t))C^1_{об}] \text{ при } \dot{V}_{об}<\dot{V};$$

Для численного моделирования представим две подсистемы уравнений в виде

$$\dot{X}=\begin{cases}\dot{Y}=F_Y,\ X=Y,\ C^1(t_п)y^1(t_п)+y^2(t_п)=0 \text{ при } \dot{V}(t_п)<\dot{V}_{об}(t),\ t\ge t_п,\\ \dot{Z}=F_Z,\ X=Z,\ C^1(t_{оп})y^1(t_{оп})+y^2(t_{оп})=0 \text{ при } \dot{V}(t_{оп})<\dot{V}_{об}(t),\ t\ge t_{оп},\end{cases} \tag{5}$$

где $Y=(x_1,...,x_n;y_1,...,y_{n-m};c_{1,1},...,c_{1,n-m},...,c_{n-m,1},\ \ ...,c_{n-m,n-m}), Z=(x_1,...,x_n;z_1,...,z_{n-m};c_{об\,1,1},$ $...,c_{об\,1,n-m},...,c_{об\,n-m,1},...,c_{об\,n-m,n-m})$, $t_п$ и $t_{оп}$ - моменты прямого и обратного переключений субматриц C^1 и $C^1_{об}$, векторы $X=Y$, $X=Z$ имеют размерность $N\times1$, $N=n+(n-m)+(n-m)^2$, а $N\times1$ - вектор-функции F_Y и F_z зависят соответственно от векторов Y и Z:

$$F_Y(Y,t,u^*,\widetilde{K}_м,h)= \qquad F_Z(Z,t,u*,h)=$$
$$=\begin{cases}F_{Y,1}(x_1,...,x_n,u^*_1,...,u^*_m,h_1,...,h_n,t),\\ .....\\ F_{Y,n}(x_1,...,x_n,u^*_1,...,u^*_m,h_1,...,h_n,t);\\ F_{Y,n+1}(y_1,...,y_{n-m},\widetilde{K}_м,t),\\ .....\\ F_{Y,2n-m}(y_1,...,y_{n-m},\widetilde{K}_м,t);\\ F_{Y,2n-m+1}(c_{1,1},...,c_{1,n-m},...,c_{n-m,1},...,c_{n-m,n-m},\widetilde{K}_м,t),\\ .....\\ F_{Y,N}(c_{1,1},...,c_{1,n-m},...,c_{n-m,1},...,c_{n-m,n-m},\widetilde{K}_м,t);\end{cases} =\begin{cases}F_{Z,1}(x_1,...,x_n,u^*_1,...,u^*_m,h_1,...,h_n,t),\\ .....\\ F_{Z,n}(x_1,...,x_n,u^*_1,...,u^*_m,h_1,...,h_n,t);\\ F_{Z,n+1}(z_1,...,z_{n-m},t),\\ .....\\ F_{Z,2n-m}(z_1,...,z_{n-m},t);\\ F_{Z,2n-m+1}(c_{об1,1},...,c_{об1,n-m},...,c_{об\,n-m,1},...,c_{об\,n-m,n-m},t),\\ .....\\ F_{Z,N}(c_{об1,1},...,c_{об1,n-m},...,c_{об\,n-m,1},...,c_{об\,n-m,n-m},t).\end{cases}$$

Решение системы (5) с цифровым энергосберегающим управлением u^{*i}, $\widetilde{K}_м(y^{1i},t_i)y^{1i}$, $i=\overline{0,k-1}$, (при моделировании системы с настройкой матрицы $\widetilde{K}_м(y^1,t)$ и переключаемым многообразием скольжения $S_п(s_п=C_п(t)x=0)$ запишется в виде:

$$X^{i+1}=\begin{cases}Y^i+(K_1^{Yi}+2K_2^{Yi}+2K_3^{Yi}+K_4^{Yi})/6 \quad \text{при} \quad \dot{V}(t_i)<\dot{V}_{об}(t_i),\\ Z^i+(K_1^{Zi}+2K_2^{Zi}+2K_3^{Zi}+K_4^{Zi})/6 \quad \text{при} \quad \dot{V}(t_i)\ge\dot{V}_{об}(t_i),\end{cases} \tag{6}$$

$K_1^{Yi}=F_Y(Y^i,t^i,u^{*i},\widetilde{K}^i_м,h^i)\Delta t$, $\Delta t=T$, $K_2^{Yi}=F_Y(Y^i+K_1^{Yi}/2,t^i+\Delta t/2,u^{*i},\widetilde{K}^i_м,h^i)\Delta t$, $K_3^{Yi}=F_Y(Y^i+K_2^{Yi}/2,t^i+\Delta t/2,u^{*i},$ $\widetilde{K}^i_м,h^i)\Delta t$, $K_4^{Yi}=F_Y(Y^i+K_3^{Yi},t^i+\Delta t,u^{*i},\widetilde{K}^i_м,h^i)\Delta t$; $K_1^{Zi}=F_Z(Z^i,t^i,u^{*i},h^i)\Delta t$, $\Delta t=T$, $K_2^{Zi}=F_Z(Z^i+$ $+K_1^{Zi}/2,t^i+\Delta t/2,u^{*i},h^i)\Delta t$, $K_3^{Zi}=F_Z(Z^i+K_2^{Zi}/2,t^i+\Delta t/2,u^{*i},h^i)\Delta t$, $K_4^{Zi}=F_Z(Z^i+K_3^{Zi},t^i+\Delta t,u^{*i},h^i)\Delta t$.

Для настройки цифрового управления система моделируется с различными вариантами ограниченных неопределенных внешних и параметрических возмущений, представленных приведенным вектором $h(x,t,u)$. При использовании перечисленных управлений в бортовых системах управлений автономных объектов с настроенным модельным управлением и реальными возмущениями дискретная информация о состоянии $X(t_i)=X^i$ системы поставляется датчиками, в результате чего обеспечивается обратная связь.

Результатом решения системы дифференциальных уравнений (5), представленного в численном виде (6), является и цифровое представление переключаемого многообразия скольжения $S_{\text{п}}(s_{\text{п}} = C_{\text{п}}(t)x = 0)$ (36) в виде переключаемой матрицы $C_{\text{п}}(t_i) = C_{\text{п}}^i = (C_{\text{п}}^{1i}, C^2)$, $C^2 = E$, с субматрицей $C_{\text{п}}^{1i}$ равной C^{1i} при $\dot{V}(t_i) < \dot{V}_{об}(t_i)$ и равной $C_{\text{об}}^{1i}$ при $\dot{V}(t_i) > \dot{V}_{\text{об}}(t_i)$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-01-31336 мол_а.

Литература

1. Мещанов А.С., Севрюгин С.Ю., Туктаров Э.А. Энергосберегающее управление с применением динамики нелинейных объектов при возмущениях (в настоящем сборнике).
2. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.
3. Мещанов А.С. Анализ устойчивости и синтез систем управления с нелинейными нестационарными объектами при неопределенных возмущениях. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2010, № 2, С. 110–117.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ МЕМБРАН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Шайхиев И.Г., Федотова А.В., Дряхлов В.О., Хаертдинова А.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

INFLUENCE OF PARAMETERS OF PLASMA TREATMENT OF POLYACRYLONITRILE MEMBRANES ON SEPARATION EFFICIENCY OIL WATER EMULSIONS

I.G. Shaikhiev, A.V. Fedotova, V.O. Dryakhlov, A.A. Khaertdinova,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Рассмотрена возможность интенсификации разделения эмульсии типа «масло в воде» с использованием полиакрилонитрильных мембран, обработанных в потоке высокочастотной низкотемпературной плазмой пониженного давления. Показано, что плазмообработка мембран в определенных режимах способствует увеличению производительности и эффективности разделения эмульсий.

Annotation

The possibility of an intensification of separation of the emulsion type "oil in water" using polyacrylonitrile membranes and treated in a stream of high-frequency low-temperature plasma of low pressure. It is shown that treatment membranes with plazma in certain modes increases the productivity and efficiency of the separation of emulsions.

Среди большого количества технологических жидкостей, используемых на предприятиях энергетики, машиностроения и металлургии, особое место занимают смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Последние представляют собой агрегативно и кинетически устойчивые эмульсии типа «масло в воде», используемые в процессе обработки металлов с целью снижения температуры и уменьшения износа обрабатывающего инструмента. В процессе эксплуатации смазочные среды загрязняются различными примесями, подвергаются биопоражению, теряют технологический потенциал, что приводит к необходимости частой замены СОЖ свежеприготовленными партиями, а отработанные поступают на очистные сооружения. В связи со сложностью многокомпонентного состава, устойчивостью к воздействию микроорганизмов, а также необходимостью разрушения устойчивой структуры эмульсии традиционные методы отстаивания, фильтрования или биологической очистки могут быть недостаточно эффективны.

Среди большого количества способов утилизации, рекуперации и регенерации СОЖ в последнее время актуальным становится использование мембранных технологий. Данное обстоятельство связано со следующими преимуществами последних: разделение жидкой смеси происходит без фазовых превращений, что предполагает низкие энергозатраты; процесс протекает при температурах, близких к температуре окружающей среды, что особенно важно для разделения смесей, компоненты которых могут разлагаться, разрушаться или полимеризоваться при более высоких температурах, свойственных традиционным техническим способам; существенным образом снижается мутность и цветность воды; площадь, занимаемая установками, меньше площади сооружений механической, химической и биологической очисток; установки легко поддаются автоматизации, просты в конструкции и надежны в эксплуатации.

К недостаткам мембранных процессов следует отнести малую производительность и необходимость предварительных подготовительных мероприятий, связанных с устранением дисперсных систем размером свыше 20 мкм, а также нейтрализации агрессивных сред.

В связи с вышеизложенными недостатками следует отметить, что в последнее время активно ведутся исследования в области модификации структуры поверхности мембран с целью увеличения производительности и эффективности разделения. Особые успехи достигнуты при модификации химическими реагентами и высокочастотной емкостной (ВЧЕ) плазмой.

Плазма представляет собой смесь нейтральных атомов и молекул, возбужденных электронов и ионов. Поскольку большинство полимеров, на основе которых изготавливаются мембраны, являются диэлектриками и высокочастотное поле может свободно проходить сквозь них, в порах возникает самостоятельный разряд и происходит обработка как поверхности, так и внутренней структуры мембраны. Основной вклад в модификацию полимеров вносят следующие процессы: кинетический удар низкоэнергетических ионов плазмы (Е = 10 – 100 эВ); рекомбинация ионов на поверхности капиллярно-пористых тел; небольшое термическое воздействие (от 25 до 60 °С). Ранее проведёнными исследованиями показано, что варьируя показателями плазменной обработки, возможно изменять технические и технологические характеристики мембран, в том числе гидрофильность и гидрофобность.

На основании вышеизложенного проведены исследования разделения водомасляной эмульсии с помощью исходных и плазмообработанных мембран с размером пор 60 кДа, выполненных из полиакрилонитрила (ПАН). Обработка производилась низкотемпературной плазмой пониженного давления в газовых средах аргона и воздуха (гидрофильный режим), а также пропана и бутана (гидрофобный режим) в соотношении 70:30 соответственно при следующих условиях: сила тока на аноде (Ia) – 0,5 А, расход газовой смеси (G) – 0,04 г/сек, давление (Р) – 26,6 Па, время воздействия плазмы (τ) – 1,5, 4 и 7 мин.; напряжение на аноде (Ua) – 1.5-7,5 кВ.

Количественный состав эмульсии следующий: индустриальное масло марки И-20А – 20 %, ПАВ марки «Косинтанол 242» – 2 %, дистиллированная вода – 78 %.

В качестве основных параметров работы мембранных систем рассматривались производительность и эффективность. Первый показатель является отношением количества прошедшего через мембрану потока разделяемой среды к произведению времени и площади фильтрации, которая в данном случае составляет $1{,}73 \cdot 10^{-3}$ м^2. Эффективность оценивалась по изменению показателя химического потребления кислорода (ХПК).

Значения производительности в виде графиков представлены на рис. 1. В результате обработки мембран в среде пропана и бутана разделение исследуемой эмульсии не происходит, в связи с чем, данные фильтрэлементы в дальнейших исследованиях не участвовали.

Анализ кривых зависимостей, представленных на рисунке 1, показывает, что в результате обработки мембран плазмой в среде аргона и воздуха производительность увеличивается при значении Ua = 5,5 кВ до двух раз. Наибольшее значение рассматриваемого параметра наблюдается при времени обработки 1,5 мин. (рис. 1в).

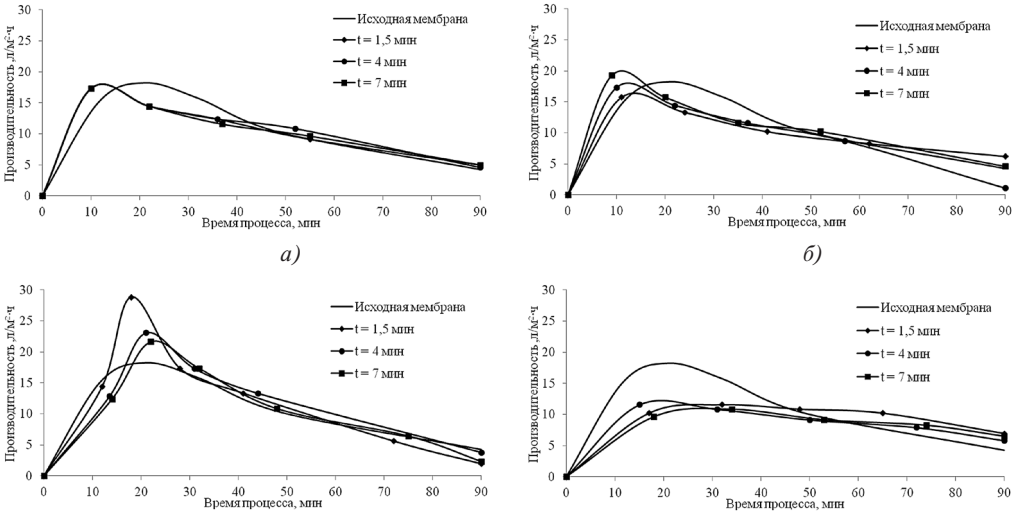


Рис. 1. Зависимость производительности разделения эмульсии от времени плазмообработки с использованием мембран: а) Ua = 1,5 кВ; б) Ua = 3,5 кВ; в) Ua = 5,5 кВ; г) Ua = 7,5 кВ

В табл. 1 представлены значения ХПК фильтратов, полученных при разделении эмульсии.

Таблица 1.

Показатели ХПК

Газовая среда	Напряжение на аноде	Время обработки		
		1,5 мин.	4 мин.	7 мин.
Аргон+воздух	1,5	8970	15940	7653
	3,5	8450	8910	11200
	5,5	15931	6290	7400
	7,5	13910	10540	9860
Исходная мембрана	12100			

В результате разделения исследуемой эмульсии, показатель ХПК которой составил 147900 мг О2/л с помощью исходной немодифицированной ПАН мембраны, образуется фильтрат и концентрат, показатели ХПК которых составили 12100 и 267100 мг О2/л соответственно. Таким образом, общая эффективность процесса составила 91,8 %.

Как показано данными табл. 1, вследствие обработки мембран плазмой в среде аргона и воздуха происходит увеличение эффективности процесса разделения водомасляной среды, что подтверждается снижением до 2 раз показателя ХПК фильтратов, полученных при использовании плазмомодифицированных фильтрэлементов по сравнению с исходными, однако определенных зависимостей рассматриваемого показателя от параметров плазмообработки не выявлено. Наименьшее значение показателя ХПК = 6290 мг О2/л достигнуто при использовании мембраны, обработанной в плазме в течение 4 минут при значении анодного напряжения 5,5 кВ, в результате чего общая эффективность составила 97,2 %.

Таким образом, экспериментальными данными показана целесообразность модификации ПАН мембран низкотемпературной ВЧЕ плазмой пониженного давления с целью увеличения эффективности разделения водомасляной эмульсии, являющейся основой СОЖ, широко используемых в промышленности.

УПРАВЛЕНИЕ С МАЛЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЗАТРАТАМИ И ПОВЫШЕННЫМИ РЕСУРСОМ И КАЧЕСТВОМ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ И НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Мещанов А.С., Гатауллина Л.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань

CONTROL WITH LOW ENERGY COSTS AND INCREASE OF A RESOURCE AND QUALITY BY UNCERTAINTY AND INCOMPLETE INFORMATION

Meshchanov A.S., Gataullina L.A.,
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev - KAI, Kazan

Аннотация

Решается задача синтеза управления с малыми энергетическими затратами и повышенным ресурсом при одновременно высоких показателях качества переходных процессов в системах с линейными стационарными объектами в условиях неполной информации о состоянии и постоянного воздействия ограниченных неопределенных и номинальных возмущений. Применяется многоуровневое управление на скользящих режимах заданного порядка и качества в сочетании с гибридным управлением для асимптотического приведения системы в скользящий режим в малых окрестностях многообразий переключений структур управления с регулируемыми частотой и амплитудой колебаний управления, малыми энергетическими затратами, ресурсосбережением исполнительных механизмов и исключением возможных резонансных колебаний в системе.

Annotation

Solve the problem of synthesis control with low energy costs and increased resource while at the same time high quality of transient processes in systems with linear stationary objects in con-ditions of incomplete information about the state and permanent impact limited uncertain and no-minal disturbances. Apply multi-level control on sliding modes specified order and quality in com-bination with the hybrid control for asymptotic bring the system in sliding mode in small neighbor-hoods of the manifolds switching control structures with variable frequency and amplitude oscilla-tion control, low energy costs, resource slave actuators and with the exception of possible resonance oscillation in the system.

Рассматривается управляемая система регулярной формы относительно матрицы B_0

$$\dot{z} = (A_0 + \Delta A(t))z + (B_0 + \Delta B(t))u + (D_0(t) + \Delta D(t))(F(t_0) + \Delta F(t)),\ x = Kz, \qquad (1)$$

где $z \in R^n$; $t \in I = (t_0, t_k]$, $t_k < \infty$; A_0, B_0, K – номинальные постоянные $n \times n$, $n \times m$, $q \times n$ – матрицы, а $\Delta A(t), \Delta B(t), \Delta D(t)$ и $\Delta F(t)$ – матрицы и $l \times 1$ – столбец с неопределенными ограниченными параметрическими и внешними возмущениями; матрица $D_0(t)$ и столбец $F_0(t)$ имеют переменные номинальные элементы. Выполняются известные условия инвариантности скользящих режимов к неопределенным $\Delta A(t)$, $\Delta D(t), \Delta F(t)$ и номинальным $D_0(t)$ и $F_0(t)$ возмущениям: $\Delta A(t) = B_0 \Lambda_{\Delta A}(t)$, $\Delta B(t) = B_0 \Lambda_{\Delta B}(t), \Delta D(t) = B_0 \Lambda_{\Delta D}(t)$, $D_0(t) = B_0 \Lambda(t)$.

Помимо вектора состояния $z(t)$ в формировании управления применяется и вектор состояния $z_м(t)$ модельной системы, не подверженной неопределенным возмущениям:

$$\dot{z}_м = A_0 z_м + B_0 u + K_{\Delta z} G^T (x - K z_м) + D_0(t) F_0(t),\ x = Kz. \qquad (2)$$

В данной системе слагаемое $K_{\Delta z}G^T(x-Kz_м)$ обеспечивает возможность быстрого уменьшения отклонения $\Delta z(t)=z(t)-z_м(t)$ вектора $z(t)$ от модельного.

Постановка задачи

1. Найти пары переключаемых фиксированных ($n-m$) - мерных многообразий скольжения вида

$$S(s=(s_1,...,s_m)^T=Cz_м=0), \qquad (3)$$

где C - $m\times n-$матрица постоянных коэффициентов, $s_i=C_i^Tz_м-$функции переключений, $C_i^T=(c_{i1},...,c_{in})-i-$е строки матрицы C, $i=\overline{1,m}$, со скольжением к ($n-2m$) - мерным многообразиям пересечений пар таких ($n-1\cdot m$) - мерных многообразий (3); найти пары ($n-2m$)-мерных многообразий со скольжением к ($n-3m$) - мерным многообразиям их пересечений и так далее до размерности последнего многообразия скольжения, равной $(n-km)\geq 1$, $k=1,2,3,....$.

2. Найти векторное многоуровневое управление u, приводящее систему (1), (2) в скользящий режим заданного k–го порядка, то есть с заданной размерностью системы дифференциальных уравнений скользящего режима равной ($n-1\cdot m$), ($n-2m$), ($n-3m$),…, ($n-km$) ≥ 1, и с заданным на k-м скользящем режиме качеством переходных процессов.

3. Обеспечить регулирование параметров колебаний управления в малых окрестностях многообразий скольжения первого уровня (обычного скользящего режима, с размерностью системы равной ($n-1\cdot m$)) и последующих уровней (со скользящими режимами с размерностью ($n-2m$), ($n-3m$),…, ($n-km$) ≥ 1) со снижением энергетических затрат на управление, повышением ресурса работы исполнительных механизмов и устранением возможных резонансных колебаний в системе управления.

4. Уменьшить энергетические затраты на управление в результате структурных преобразований и, в частности, применения динамических свойств самого объекта управления, с последующей минимизацией.

Решение первых двух задач представлено в двух работах [1, 2]. Для практического применения полученных в них результатов важно решение задач 3 и 4. Рассмотрим методы их решения, приведя сначала основные сведения из решения первых двух задач.

Если требуемое качество процессов достигается на скользящих режимах более высокого порядка, то есть с размерностями системы уравнений меньшими чем $n-m$, например, с размерностями равными $n-2m$, $n-3m,...$, то сначала находятся два переключаемых многообразия типа (3) с размерностями $n\ -m$ таким образом, чтобы изображающая точка (и.т.) системы скользящего режима на одном из этих многообразий устремлялась к $n-2m$ - мерному многообразию его пересечения со вторым $(n-m)$–мерным многообразием и совершала движение в достаточно малой окрестности этого пересечения с пониженной размерностью системы скользящего режима, равной $n-2m$. Для дальнейшего, при необходимости, понижения размерности системы скольжения до значения $n-3m$ формируется еще одно многообразие размерности $n-2m$ и осуществляется переключение скользящих режимов с одного на другое с результирующим движением и.т. в малой окрестности многообразия размерности $n-3m$ и так далее, вплоть до достижения при необходимости движения и.т. на скользящем режиме k–го порядка в малой окрестности подходящего по качеству процессов многообразия в виде прямой или плоскости. При $k=1$ имеем обычный скользящий режим (режим первого порядка и первый уровень разрывного многоуровневого управления). Нулевому уровню управления и нулевому порядку скольжения, $k=0$, соответствует уровень переключаемых структур каждой из m составляющих 2^k векторных разрывных управлений $u_{0,1},u_{0,2};...;u_{0,2^k-1},u_{0,2^k}$ (рис.1).

Регулирование параметров колебаний многоуровневого разрывного управления

На интервалах времени с нулевым или достаточно малым значением программного управления амплитуда стабилизирующего разрывного управления может превысить порог срабатывания исполнительных механизмов (ИМ) (например, электромагнитных клапанов подачи топлива на ракетные двигатели). При высокой частоте колебаний (10-50 Гц) это может привести к преждевременному расходу ресурса ИМ и в результате к нерасчетной работе системы управления. Нерегулируемая частота колебаний такого управления может, кроме того, привести к нежелательным колебаниям таких элементов систем управления, как, например, схват манипулятора в процессе сборки или сварки. Возможны и резонансные колебания (например, панелей солнечных батарей у спутников наблюдения на орбитах вокруг Земли). В этой связи предлагается перейти от разрывных управлений на всех уровнях (кроме непрерывных составляющих самого нижнего, нулевого уровня на рис. 1), например, второго, u^1_ϕ, и первого, $u = u_0$, уровней (на рис. 1 они представлены как $u_{11},...$ и $u_{21},...$)

$$u^1_\phi = (C^1_\phi A_{0,12})^{-1}(K_{g\phi} g^1_\phi + K_{s\phi} s^1_\phi - C^1_\phi A_{0,11} z^1_м),$$
$$u = u_0 = (CB_0)^{-1}(K_g g + K_s s - \delta\, sign\ \ s - CA_0 z_м - CK_{\Delta z} G^T(x - Kz_м) - CD_0(t)F_0(t)) \quad (4)$$

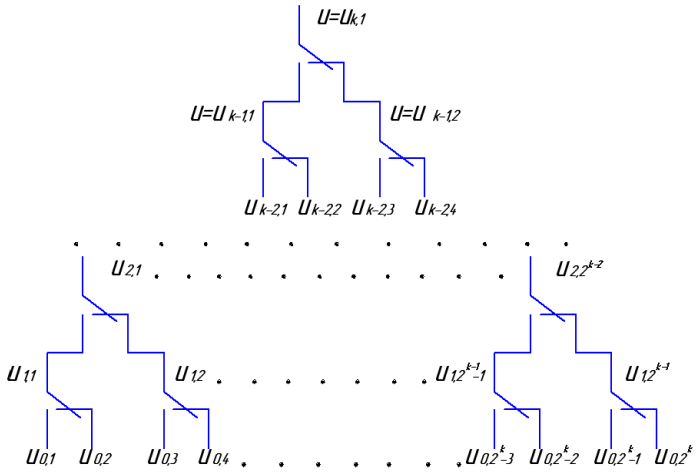


Рис. 1. Многоуровневое разрывное векторное управление

с разрывными в общем случае коэффициентами матриц $K_{g\phi}, K_{s\phi}, K_g, K_s$ и столбца $\delta\, sign\, s$ к непрерывным коэффициентам в малых окрестностях соответствующих многообразий

$$S^1_\phi(s^1_\phi = (s^1_{\phi 1},...,s^1_{\phi m})^T = C^1_\phi z^1_м = 0),\ S(s = (s_1,...,s_m)^T = C z_м = 0) \quad (5)$$

с асимптотическим экспоненциальным приближением и.т. к указанным многообразиям (5):

$$u^1_{\phi j} = \begin{cases} ((C^1_\phi A_{0,12})^{-1})^j (\kappa^{\pm}_{g\phi_j} g^1_{\phi j} + \kappa^{\pm}_{s\phi_j} s^1_{\phi j} - C^{1j}_\phi A_{0,1} z^1_м) & \text{при } \left|s^1_{\phi j}\right| > \Delta^1_{\phi j} > 0, \\ ((C^1_\phi A_{0,12})^{-1})^j (\kappa_{s\phi_j} s^1_{\phi j} - C^{1j}_\phi A_{0,1} z^1_м) & \text{при } \left|s^1_{\phi j}\right| \le \Delta^1_{\phi j} > 0, \quad j = \overline{1,m}, \end{cases} \quad (6)$$

$$u_j = u_{0j} = ((CB_0)^{-1})^j (\kappa^{\pm}_{g_j} g_j + \kappa^{\pm}_{s_j} s_j - \delta_j\, sign\ \ s_j - C^j A_0 z_м - C^j K_{\Delta z} G^T(x - Kz_м) - C^j D_0(t)F_0(t)) \text{ при } \left|s_j\right| > \Delta_j > 0,$$
$$u_j = u_{0j} = ((CB_0)^{-1})^j (\kappa_{s_j} s_j - C^j A_0 z_м - C^j K_{\Delta z} G^T(x - Kz_м) - C^j D_0(t)F_0(t)) \text{ при } \left|s_j\right| \le \Delta_j > 0, \quad j = \overline{1,m}, \quad (7)$$

где постоянные или переменные коэффициенты одного постоянного отрицательного знака

$$\kappa_{s\phi_j} < 0, \qquad \kappa_{s_j} < 0 \quad (8)$$

обеспечивают асимптотическое экспоненциальное затухание функций $s^1_{\phi j}$, s_j в малых окрестностях гиперплоскостей скольжения $S^1_{\phi j}$, S_j, а разрывные коэффициенты $\kappa^{\pm}_{g\phi_j}, \kappa^{\pm}_{s\phi_j}$, $\kappa^{\pm}_{g_j}, \kappa^{\pm}_{s_j}$ попадание и.т. за конечное время в указанные малые окрестности. Данный вывод основан на выражениях производных функций переключений многообразий (5), получаемых в при управлениях (6), (7). Размеры $\Delta^1_{\phi j}$, Δ_j данных малых окрестностей определяются допустимыми отклонениями качества переходных процессов от качества идеального скользящего режима. Отметим, что в общем случае, задавая в малой окрестности функции (8) с переменным знаком, можно обеспечить не только асимптотическое экспоненциальное уменьшение функций $s^1_{\phi j}$, s_j, но и другие необходимые параметры колебаний, а с ними и параметры (амплитуду и частоту) колебаний составляющих u_j вектора управления u. Для регулирования параметров колебаний управления в результате переключений и.т. с одного многообразия скольжения (или с пересечения двух и более многообразий скольжения) на другое такой же размерности предлагается настройка составляющих вектора $\varepsilon = (\varepsilon_1,...,\varepsilon_m)^T$, определяющего удаление фазовых траекторий системы от пересечений многообразий скольжения. При нулевых их значениях осуществляется асимптотическое приведение и.т. на пересечение двух многообразий (или пересечения меньшей размерности) с параметрами колебаний управления, определяемых собственными значениями матриц соответствующих систем скользящего режима.

Уменьшение и минимизация энергетических затрат на управление

Предлагаются четыре подхода со структурными изменениями параметров управления в уменьшении энергетических затрат, оцениваемых интегралом от суммы модулей составляющих управления с размерными коэффициентами за время переходного процесса. Его значение, во-первых, существенно уменьшается при использовании управления (7), так как в нем осуществляется точная идентификация приведенного вектора неопределенных возмущений в исходной системе по сравнению с методами превышения (преодоления) действия возмущений по их известным максимальным по модулю значениям. Во-вторых, данный интеграл, как показывают данные моделирований систем на скользящих режимах, существенно уменьшается также и при постепенном (экспоненциальном, до одной трети или даже середины переходного процесса) увеличении модулей значений разрывных параметров управления до расчетных значений без особых потерь в качестве переходных процессов. В-третьих, значительную часть энергосбережения обеспечивает применение гибридного управления, так как в малых окрестностях многообразий скольжения первого, второго и остальных порядков предусмотрен переход на асимптотическое экспоненциальное приведение и.т. на многообразия скольжения, что исключает избыточные затраты энергии при конечных скоростях попадания и.т. на многообразия скольжения с их прошиванием в силу таких неидеальностей в переключениях структур, как запаздывание, гистерезис и зоны нечувствительности логических переключающих устройств при аналоговой реализации управления. Четвертый структурный подход заключается в использовании динамических свойств самого объекта в тех случаях, когда собственные вектора матрицы Ао объекта и его модели (2) соответствуют собственным значениям, подходящим по устойчивости и качеству процессов для того, чтобы на этих собственных векторах формировать многообразия скольжения первого порядка и/ или многообразия скольжения более высокого порядка. В частности, по собственным векторам субматрицы системы скользящего режима второго порядка. Как показано в работе [3] в этих случаях в скользящих режимах первого и второго порядка многоуровневое управление без каких-либо потерь в качестве управления, а в некоторых случаях (при подходящих собственных значениях матрица объекта) и с повышением

качества, принимает нулевые значения, что в силу интеграла затрат приводит к их дополнительному уменьшению. Минимизация энергетических затрат по параметрам управления может осуществляться, например, с применением известного численного метода решения основной задачи управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-01-31336 мол_а

Литература

1. Мещанов А.С., Давлетшина Л.А. Многоуровневое векторное управление линейными стационарными объектами на скользящих режимах заданного порядка и качества при неопределенной и неполной информации//Вестник КГТУ, 2013, № 1. С. 131–139.
2. Мещанов А.С., Давлетшина Л.А. Регулирование параметров установившихся колебаний на скользящем режиме в системах с линейными нестационарными объектами при неопределенных возмущениях. I, II//Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2014, № 1. С. 109–116, 117–124.
3. Мещанов А.С. К синтезу многообразий скольжения в построении эффективных разрывных управлений//Вестник КГТУ, 2012, № 4, вып. 2. С. 259–269.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р.,
ФГБУН «КазНЦ РАН», г. Казань

THE PROSPECTS OF CHEMICAL PRODUCTS OBTAINING FROM COAL FUELS

A.A. Galkeeva, G.R. Mingaleeva,
Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan

Аннотация

В работе представлен перечень химических продуктов, получаемых из синтез-газа. Рассмотрено соотношение основных компонентов исходного газа – моноксида углерода и водорода, необходимое для получения метанола, жидких синтетических топлив и выделения CO из смеси. Описаны реакции, протекающие в процессе газификации угля и водоугольного топлива. Представлены результаты расчета состава генераторного газа в температурном диапазоне 1000–1700 K. Приведены графики зависимости доли целевых компонентов в газовой смеси и мольного соотношения $CO:H_2$ от температуры. Выявлена целесообразность использования синтез-газа, полученного из водоугольного топлива, в качестве сырья для производства химических продуктов.

Annotation

The paper presents a list of chemical products obtained from syngas. The main components ratio of the feed gas - carbon monoxide and hydrogen, which are required for methanol, synthetic liquid fuels obtaining and CO extraction from gas mixture, was reviewed. The reactions, which occurring during coal gasification and coal-water fuel, were described. The calculation results of the syngas composition in the temperature range 1000-1700 K were presented. Charts of the main components fraction and the molar $CO:H_2$ ratio from the temperature were given. The expediency of the syngas use, which obtained from coal-water fuel, as a feedstock for the chemical products obtaining, was found.

Современное развитие технологий производства моторных топлив и многих органических жидкостей и газов практически полностью основывается на переработке нефти. Однако в связи с нестабильностью цен на нефть и ограниченностью легкодоступных разведанных запасов в последние десятилетия возобновился интерес к получению моторных топлив и органических химических продуктов из угля. Для получения синтетических веществ из угольных топлив применяют процессы газификации, коксования, пиролиза, прямой гидрогенизации, химического растворения и др. В настоящее время газификация угля является единственным экономически приемлемым методом получения сырья для дальнейшего синтеза химических продуктов [1].

Согласно данным Higman Consulting GmbH, в мире функционирует несколько сотен газификационных установок, предназначенных для получения генераторного газа из угольных топлив. Большинство из них расположены в Китае, а также в США, Западной Европе, Японии и ЮАР. Перечень веществ, получаемых из синтез-газа, достаточно широк: аммиак, метанол, водород, монооксид углерода, топливный газ, синтетические жидкие топлива, уксусная кислота, кислородсодержащие спирты и др. [2].

Производство химических продуктов из угля предполагает использование генераторного газа конкретного состава, с определенным соотношением целевых компонентов – монооксида углерода и водорода. Так, одним из способов синтеза метанола является каталитическое гидрирование окиси и двуокиси углерода, которое осуществляется при избытке водорода в исходном газе, при мольном соотношении $CO:H_2 = 0{,}44\text{-}0{,}66$, а количество CO_2 может варьи-

роваться в зависимости от способа проведения процесса от 1 до 15 об.%. Получение жидких синтетических топлив (первоначально с этой целью были разработаны процессы газификации угля) основывается на каталитических реакциях взаимодействия оксида углерода и водорода и реализуется по двум основным технологиям: ARGE – процесс в неподвижном слое с мольным соотношением $CO:H_2$ = 0,4 и Synthol – процесс в псевдоожиженном слое с соотношением компонентов, равным 0,6 [3]. Также в промышленном масштабе осуществляется выделение монооксида углерода из синтез-газа путем низкотемпературного разделения газовых смесей и селективной адсорбции. При мольном соотношении $CO:H_2$ = 0,39 получают оксид углерода 98,5 % чистоты [4].

Состав получаемого газа зависит от физико-химических свойств исходного топлива и режимных параметров газификации. В процессе термохимического превращения угольного топлива протекают следующие стадии: испарение влаги, выход летучих веществ, горение летучих в атмосфере окислителя, газификация коксового остатка. Каждый этап характеризуется структурными и физико-химическими изменениями исходного топлива. В процессе математического моделирования и расчета состава синтез-газа важную роль играют кинетические и термодинамические характеристики. Анализируя многочисленные экспериментальные данные описанные авторами [5–7], было принято, что газификация угольных топлив, а именно угольной пыли и водоугольного топлива (ВУТ), протекает по реакциям, представленным в таблице 1.

Таблица 1.

Химические реакции и кинетические константы

Уравнения реакций	Энергия активации, Ea, Дж/моль	Фактор столкновения, A, с-1
$2H_2+O_2=2H_2O$	41100	250
$2CO+O_2=2CO_2$	42700	222
$C+O_2=CO_2$	83680	$1{,}1\cdot10^4$
$2C+O_2=2CO$	118000	$1{,}2\cdot10^4$
$C+H_2O=CO+H_2$	155226	$1{,}05\cdot10^6$
$C+2H_2O=CO_2+2H_2$	181167	$1{,}6\cdot10^6$
$C+2H_2=CH_4$	113100	10^3
$C+CO_2=2CO$	214000	790000
$CO+H_2O=CO_2+H_2$	138300	$4{,}2\cdot10^7$
$CH_4+CO_2=2CO+2H_2$	195300	105
$CH_4+H_2O=CO+3H_2$	65000	$2{,}3\cdot10^9$

Для оценки возможности применения генераторного газа, полученного при газификации различных углей и ВУТ, в качестве исходного сырья для получения метанола, жидких синтетических топлив, монооксида углерода и других химической промышленности были отобраны три марки углей: Кузнецкий Г, Камский Д и Ирша-Бородинский Б. В ходе расчета с использованием программного комплекса учитывались следующие параметры процесса газификации: температурный режим (1000 K, 1300 K, 1700 K), состав исходного угольного топлива, состав и количество летучих веществ, химические реакции газификации, кинетические и термодинамические величины. Таким образом были получены данные о качественном и количественном составе генераторного газа при различных температурах

и времени достижения равновесных концентраций. В ходе расчетов получено, что газификацию ВУТ эффективнее проводить без подвода окислителя, а бурый Ирша-Бородинский уголь нуждается в предварительной подсушке.

Анализ полученных результатов показал, что генераторный газ содержит значительное количество монооксида углерода и водорода, благодаря чему он может быть использован в качестве исходного сырья для синтеза различных химических продуктов. На рисунке 1 показано, что доля целевых компонентов газа увеличивается с ростом температуры газификации.

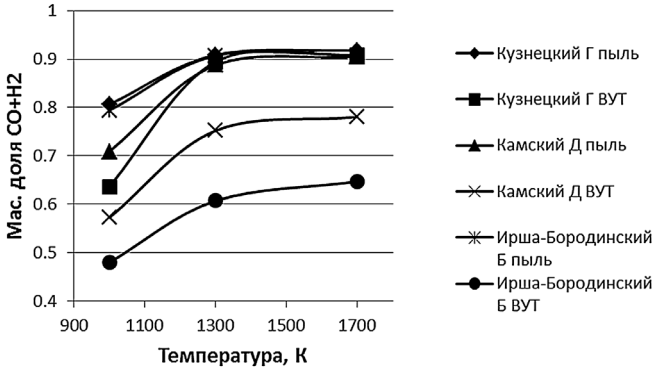


Рис. 1. Зависимость массовой доли монооксида углерода и водорода от температуры

На рисунке 2 показаны мольные соотношения $CO:H_2$. Состав газов, полученных при газификации ВУТ в диапазоне температур 1000–1700 К, наиболее соответствует требованиям, предъявляемым к сырью для получения многих химических продуктов. Газ, полученный при газификации угольной пыли при данных условиях и с кислородом в качестве окислителя, не соответствует по мольному содержанию целевых компонентов требованиям к сырью для химического синтеза, однако ввиду высокого содержания монооксида углерода и водорода в смеси, обладает высокой теплотворной способностью и может быть использован в энергетических целях.

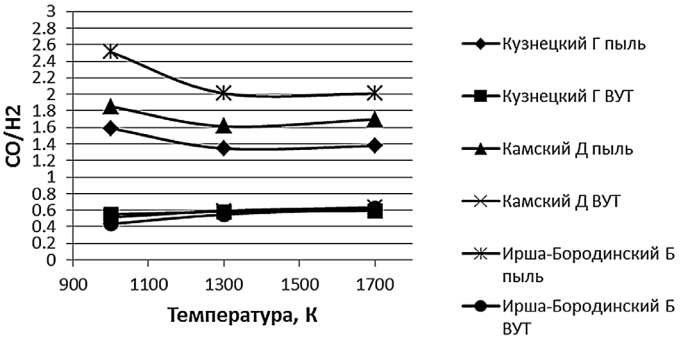


Рис. 2. Зависимость мольного соотношения $CO:H_2$ от температуры

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования процесса газификации водоугольных топлив для синтеза важнейших продуктов химической промышленности. Приведенные расчетные данные показывают, что варьирование режимных пара-

метров и использование топлива и окислителя определенного состава позволяют получить генераторный газ для использования в различных промышленных целях.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФАНО № 0217-2014-0004 «Разработка физико-химических основ и технологического оформления процессов функционирования энерготехнологических комплексов по производству энергии и химических продуктов, интегрированных в региональные системы электро- и теплоснабжения».

Литература

1. Малолетнев А.С. Современное состояние технологий получения жидкого топлива из углей / А.С. Малолетнев, М.Я. Шпирт // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. LII. – № 6. – С. 44–62.
2. Higman C., Burgt M. Gasification // Elsevier science. – 2003. – Vol. 391.
3. Галькеева А.А. Возможности промышленного использования генераторного газа / Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р. // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2014. – № 11–12.
4. Химические вещества из угля / Пер. с нем. / Под ред. Калечица И.В.. – М.: Химия. – 1980. – 660 с.
5. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива. – М.: Издательство Академии наук СССР. – 1958. – 600 с.
6. Бойко Е.А. Кинетическая модель термохимического превращения твердых органических топлив / Бойко Е.А., Пачковский С.В. // Ж. прикл. химии. – 2004. – Т. 77. – № 9. – С. 1558–1567.
7. Основы практической теории горения / Под ред. Померанцева В.В. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение. – 1986. – 312 с.: ил.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕЛА, ПЕРЕМЕЩАЕМОГО В КАНАЛЕ

Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

NUMERICAL RESEARCH OF AXISYMMETRIC BODY AERODYNAMICS, RELOCATABLE IN THE CHANNEL

Broyda V.A., Safiullin F.F.,
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация

На основе численного моделирования определены распределения давлений в сечениях осесимметричного течения со сложной формой границ. Определены коэффициент местного сопротивления ζ и коэффициент, характеризующий усилие k, воздействующее на цилиндрическое тело при его перемещении вдоль оси течения. Результаты исследования могут быть использованы при конструировании и расчете регуляторов расходов, обеспечивающих рациональное использование энергии и энергосбережение.

Annotation

On the basis numerical simulation distributions of pressure in section axisymmetric flow with complicated form of boundaries are determined. Coefficient of local resistance ζ and factor characterizing effort k, influencing to cylindrical body at his moving along the axis of the flow are determined. Results of research can be applied at design and calculation of the flow regulators for rational using of energy and power saving.

Предмет исследования

Энергоэффективное функционирование многих систем связано с поддержанием заданных расходов используемой жидкой или газообразной среды при изменяющихся внешних условиях. Например, понижение температуры наружного воздуха приводит к возрастанию гравитационного давления, увеличению расхода воздуха в вытяжной вентиляционной системе и росту бесполезных затрат тепла на его нагревание в холодный период года.

Регулирование расхода жидкой или газообразной среды производится клапанами, содержащими перемещаемый в канале элемент. В данной работе исследуется аэродинамика осесимметричного тела, перемещаемого вдоль оси круглого канала, представляющего собой модель регулирующего устройства.

Цель исследования

Целью исследования является определение давлений, формирующихся в зоне обтекания цилиндрического тела, перемещаемого в круглом канале с диафрагмой. Информация о давлениях позволит определить падение давления в регулирующем устройстве, рассчитать его коэффициент местного сопротивления, а также определить усилия от сил давления, действующие на перемещаемое тело. Такая информация используется при конструировании и расчете регулирующих устройств.

Метод исследования

Исследование аэродинамики обтекания потоком воздуха цилиндрического тела, перемещающегося вдоль оси круглого канала, выполнялось численным методом (CFD) при помощи программного комплекса вычислительной гидродинамики FLUENT [1].

До выполнения численного исследования рассматривалась тестовая задача, решение которой хорошо известно из выполненных ранее достоверных экспериментальных исследо-

ваний. В качестве такой задачи принято протекание жидкости через круглую диафрагму, установленную в цилиндрическом канале. При решении тестовой задачи проведена настройка численной схемы решения – комплекса, включающего граничные условия, физическую модель, а также математические алгоритмы, приводящие к быстрому схождению итерационного процесса решения.

Верификация проводилась путем сравнения потерь давления на диафрагме, полученных численным методом, с известными справочными значениями [2]. По результатам численного моделирования для канала диаметром 160 мм, при скорости воздуха в канале 7 м/с, длине канала 3,35 м с плоской диафрагмой, имеющей отверстие диаметром 110 мм определены: давления на входе P_1=170,49 Па, на выходе из канала с диафрагмой P_2=31,15 Па, динамическое давление $P_д$=30,01 Па. Падение давления в таком же канале без диафрагмы составляет ΔP = 17,82 Па. Значение коэффициента местного сопротивления диафрагмы ζ рассчитано по формуле:

$$\zeta = \frac{P_1 - P_2 - \Delta P}{P_д} = \frac{170,49 - 31,15 - 17,82}{30,01} = 4,05 \qquad (1)$$

Справочное значение коэффициента местного сопротивления диафрагмы, соответствующее таким же условиям, составляет ζ=3,75, что можно считать неплохим подтверждением выбранной численной модели расчета (отличие составляет ~7,5 %).

В решаемой задаче рассматривается обтекание потоком воздуха цилиндрического тела в круглом канале постоянного сечения с диафрагмой. Схема рассматриваемой задачи показана на рис. 1.

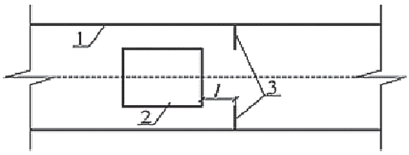


Рис. 1. Схема рассматриваемой задачи:
1- круглый канал d=160 мм; 2 - перемещаемый цилиндр $d_ц$=110 мм, $l_ц$=100 мм;
3 - диафрагма $d_д$=110 мм; l - переменное расстояние, изменялось в диапазоне от 50 до 150 мм

Для выполнения численного моделирования в программном пакете FLUENT была подготовлена необходимая расчетная сетка. В силу осевой симметрии расчеты выполнялись для симметричной половины течения. Расчетная сетка показана на рис. 2.

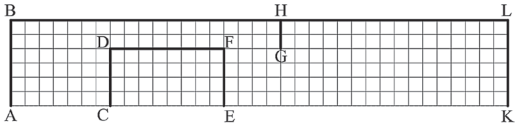


Рис. 2. Геометрия границ и расчетная сетка

Шаг сетки принят равным 0,0125 м. Координаты узлов сетки представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Координаты узлов расчетной сетки

Узел	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L
X, м	0	0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,95	0,95	3,35	3,35
Y, м	0	0,08	0	0,055	0	0,055	0,055	0,08	0	0,08

Граничные условия: на входе в канал задается постоянное значение скорости v =7 м/с (условие типа velocity-inlet); на выходе задается постоянное давление P0=0 Па (условие типа pressure-outlet); твердые стенки задаются с шероховатостью (условие типа wall); ось симметрии описывается условием типа axis.

Для описания турбулентности использована стандартная k-ε модель. Полученное численное решение не зависит от степени измельчения расчетной сетки, т.к. выполнено ее адаптирование – измельчение сетки. Для этого выбран один контрольный параметр, характерный для исследуемого течения – перепад давлений в канале ΔP. Численное исследование задачи проведено при разных значениях размера l (или относительного размера l/d).

Результаты исследования

Характерные расчетные картины течения в виде линий тока показаны на рис. 3.

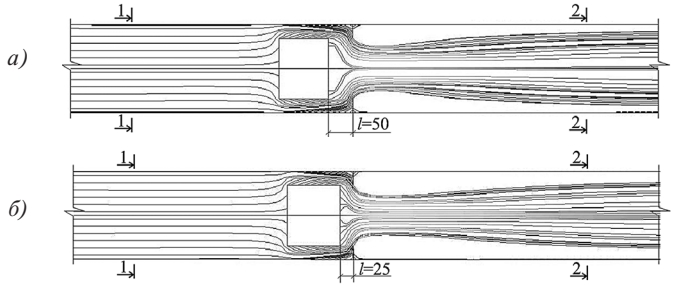


Рис. 3. Линии тока исследуемого течения:
а) l=50 мм, б) l=25 мм

В результате расчетов определялись давления до цилиндрического тела и после диафрагмы между сечениями 1-1 и 2-2, а также давления на передней и задней стенке цилиндра при его перемещении – при изменяемом расстоянии l. Характерные эпюры таких давлений показаны на рис.4.

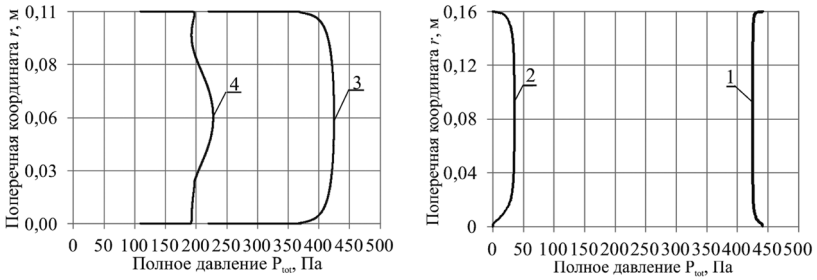


Рис. 4. Эпюры полного давления при l/d=0,3125: 1 – в сечении 1-1; 2 – в сечении 2-2;
3 – на передней стенке цилиндра; 4 – на задней стенке цилиндра

По рассчитанным давлениям вычислялись средние давления в сечениях по формуле:

$$P_{cp} = \frac{\int_0^{r_0} 2\pi \cdot P \cdot r \cdot dr}{f_0} \qquad (2)$$

где P – значение полного давления, изменяющегося в поперечном сечении, Па;
r – поперечная координата, м;
f_0 – площадь сечения канала или цилиндрического тела с радиусом r_0, м^2.

На основании средних давлений в сечениях определялись значения коэффициента местного сопротивления ζ по формуле:

$$\zeta = \frac{P_{1-1} - P_{2-2} - \Delta P}{P_д} \quad (3)$$

где $P_{1\text{-}1}$ – значение полного давления в сечении 1-1, Па;

$P_{2\text{-}2}$ – значение полного давления в сечении 2-2, Па;

ΔP – перепад давлений в канале такой же длины без цилиндрического тела и диафрагмы, Па;

$P_д$ – динамическое давление в канале, Па.

Коэффициент k, характеризующий силу воздействия давления на цилиндрическое тело

$$k = \frac{P_п - P_з}{P_д} \quad (4)$$

где $P_п$ – значение полного давления на передней стенке цилиндра, Па;

$P_з$ – значение полного давления на задней стенке цилиндра, Па;

Определенные на основе численного моделирования значения ζ и k в зависимости от относительного размера l/d показаны на рис. 5.

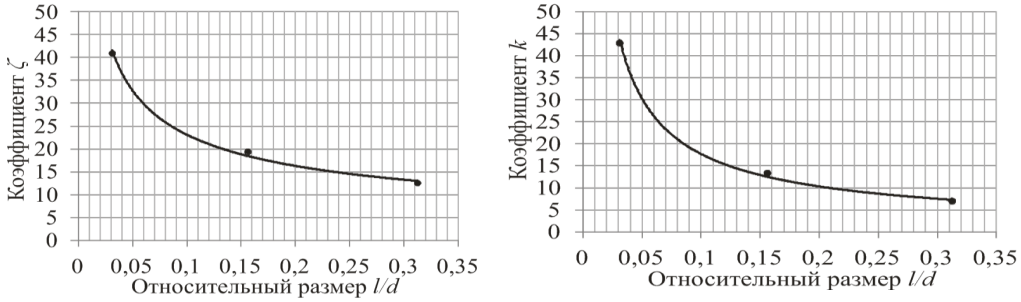


Рис. 5. Графики зависимостей коэффициентов ζ и k от относительного размера l/d

Зависимость ζ от l/d аппроксимируется степенной формулой:

$$\zeta = 7{,}23 \cdot (l/d)^{-0{,}505} \quad (5)$$

а зависимость для k формулой:

$$k = 2{,}954 \cdot (l/d)^{-0{,}777} \quad (6)$$

Выводы

На основе численного моделирования, выполненного с помощью программного комплекса FLUENT, определены распределения давлений в сечениях осесимметричного течения со сложной формой границ. Полученные данные о распределении давлений позволили определить коэффициенты местного сопротивления ζ и коэффициент k, характеризующий силу, действующую на цилиндрическое тело в зависимости от его относительного перемещения l/d. Полученные результаты качественно верно описывают исследуемое явление. Имеются численные различия с экспериментальными данными для диапазона значений l/d=0,1 - 0,3, которые в дальнейшей работе следует устранить, а также необходимо увеличить количество расчетных точек. Вместе с тем подобные исследования дают результаты для области значений, для которых нет экспериментальных данных, и могут быть выполнены для осесимметричных тел более сложной геометрической формы.

Результаты исследования могут быть использованы при конструировании регуляторов потоков, обеспечивающих рациональное использование энергии и энергосбережение.

Литература

1. Вычислительная гидродинамика. Постановка и решение задач в процессоре Fluent: Методическое пособие для учебной и научной работы студентов направления 270800 – «Строительство» (квалификация «бакалавр» и «магистр») и аспирантов специальности 05.23.03/ Зиганшин А.М. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2013. – 79 с.
2. Справочник проектировщика. Ч3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОЛОМА-КАУЧУК

Мартьянов Н.А.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,
Ключников О.Р.,
ООО «Олепластика», г. Казань

INVESTIGATION OF AIR HUMIDITY TO CHANGE COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY THERMAL INSULATION MATERIAL STRAW-RUBBER

Martyanov N.A.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan,
Klyuchnikov O.R.,
Aluplastik, LLC, Kazan

Аннотация

Были получены значения сопротивления теплопередаче ($R_{ср}$) и теплопроводности (λ) пластин типа солома-каучук разной толщины, а также исследовано воздействие внешней окружающей среды на опытный образец. Сделан вывод о перспективе использования материала на основе соломы и каучука в качестве теплоизолирующего покрытия.

Annotation

Were obtained values of heat transfer resistance ($R_{ср}$) and thermal conductivity (λ) of plates of type straw-rubber of different thickness, and also investigated the impact of the external environment on an experimental sample. The conclusion is made about the future use of the material on the basis of straw and rubber as a heat insulation coating.

Экспериментальная часть

Нами исследованы теплоизоляционные характеристики пластин по методике [1] типа солома-каучук разной толщины 10 мм, 20 мм, 30 мм, при использовании прибора ИТП МГ 4 03 X(Y) «Поток», с 3 датчиками плотности тепловых потоков и 2 датчиками температуры. Воздушный термостат имел объем 1л. В качестве источника теплоты использовалась лампа накаливания 40 Вт. Данные плотности тепловых потоков записывались в память прибора каждые 20 мин. в течение 24 часов. По формуле $R_{ср} = \Delta T/q_{ср}$ определены сопротивления теплопередаче. Среднеарифметические значения сопротивления теплопередаче ($R_{ср}$) составили: $R_{10мм} = 0{,}0647$ м^2·°С/Вт; $R_{20мм} = 0{,}29$ м^2·°С/Вт; $R_{30мм} = 0{,}398$ м^2·°С/Вт.

Также был найден коэффициент теплопроводности образца солома-каучук по методике [2] размерами 150·150·9 мм, прибором ИТС-1. Среднеарифметическое значение теплопроводности пластины солома-каучук составило $\lambda = 0{,}046$ Вт/м К.

На рис. 1 показаны образцы типа солома-каучук размерами 90·140 мм и 150·150 мм.

Также образец 150*150*9 мм был помещен в климатическую камеру СМ-70/75-ХХТВХ с установленной температурой 22 °С (рис. 2). В данной камере образец солома-каучук был выдержан 1 час с влажностью 20%. После чего нами был измерен коэффициент теплопроводности λ, который оказался равен 0,054 Вт/м К. Вслед за этим была аналогично проведена серия опытов выдержкой образца с изменением относительной влажности 40, 60, 80 % в течение 6 часов, результаты которых представлены в таблице 1 (зависимость коэффициента теплопроводности λ от влажности образца солома-каучук).

Как видно из таблицы, с увеличением влажности коэффициент теплопроводности λ незначительно увеличивается.

Образец солома-каучук размером 150*150*9 мм был исследован на воздействие внешней окружающей среды при выдержке образца в течение восьми месяцев на открытом воздухе (рис. 3).

Под воздействием внешней окружающей среды, за время протекания эксперимента, опытный образец солома-каучук потемнел, а физические и теплоизоляционные свойства изменились незначительно $\lambda = 0{,}056$ Вт/м К.

Таблица 1.

Зависимость коэффициента теплопроводности λ от влажности образца солома-каучук

T, °C	Влажность, %	λ, Вт/м К
22	20	0,053
22	40	0,057
22	60	0,059
22	80	0,065



Рис. 1. Образцы типа солома-каучук



Рис. 2. Камера климатическая СМ-70/75-ХХТВХ



Рис. 3. Образец типа солома-каучук после выдержки

Вывод

На основе проведенных исследований можно сделать вывод об атмосферостойкости нового материала на основе соломы и каучука в качестве теплоизолирующего покрытия.

Работа была поддержана и финансирована фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, номер контракта 11881 р / 21596.

Литература

1. ГОСТ 25380-82. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.
2. ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

ИЗОТЕРМЫ СОРБЦИИ ФЕНОЛА АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ СОРБЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Тухватуллина Р.З., Шайхиев И.Г.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

SORPTION ISOTHERMS OF PHENOL BY ALTERNATIVE SORPTION MATERIALS

Tukhvatullina R.Z., Shayhiev I.G.,
Kazan National Research Technological University, Kazan

Аннотация

Проведена оценка сорбционных свойств альтернативных сорбционных материалов (шелуха зерновых культур и диатомит) по сравнению с активированными углями при удалении фенола из модельных растворов с концентрацией 1–50 мг/дм^3. На основе полученных данных были рассчитаны фенолоемкость и степень сорбции для каждого образца, а также построены изотермы адсорбции. Определено, что изотермы адсорбции соответствуют 1 типу по классификации БДДТ и описывают мономолекулярную адсорбцию фенола природными сорбционными материалами. По построенным зависимостям в координатах: 1/A=f(1/C) и lgA=lgC можно сделать вывод, что ни одна кривая не относится ни к кривой Ленгмюра, ни к кривой Фрейндлиха, так как не линеализируются в данных координатах.

Annotation

Evaluation of the sorption properties of alternative sorption materials (husks of cereals and diatomite) compared with the activated carbons in removing phenol from the model solutions with concentrations of 1 -50 mg/dm^3. Based on these results, we calculated the degree of sorption and sorption capacity for phenol and for each sample, as well as built adsorption isotherm. Determined that the adsorption isotherms correspond to the first type of adsorption isotherms by classification BDDT and describe the monomolecular adsorption of phenol by natural materials. By plotting the coordinates: 1 / A = f (1/C) and lgA = lgC it can be concluded that none of the curve does not belong to the curve of Langmuir or Freundlich curve because they do not form a line in these coordinates.

Все увеличивающиеся объемы промышленного производства приводят к образованию большого количества сточных вод, содержащих токсичные поллютанты. Одним из многотоннажных продуктов производств основного органического синтеза, используемого в различных отраслях народного хозяйства и являющегося полупродуктом для синтеза многих химических реагентов, является фенол. Производство последнего в мировом масштабе исчисляется миллионами тонн. Сдерживающим фактором увеличения объемов производства фенола служит, в частности, высокая токсичность реагента, приводящая к отравлению и гибели биоценоза микроорганизмов активного ила при биологической очистке.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость локальной очистки водных сред от фенола и его производных. Среди наиболее эффективных методов очистки сточных вод от фенола являются: сорбционные методы очистки, озонирование, химическое окисление и др. Эффективность сорбционных методов очистки обуславливает их широкое использование на промышленных предприятиях в процессах водоподготовки и при очистке сточных вод. В качестве адсорбента с высокими адсорбционными свойствами зарекомендовал себя уголь активированный. Но из-за высокой себестоимости активированного угля требуется поиск других, более дешевых, но не менее эффективных реагентов. В качестве последних могут быть использованы альтернативные сорбционные материалы, такие как неорганические материалы природного происхождения, отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, органические целлюлозосодержащие материалы и другие [1, 2]. Преимуществами таких сорбционных материалов являются низкая стоимость, доступность, лёгкость утилизации отработанных реагентов.

Целью работы являлось изучение и сравнение кинетических аспектов процесса адсорбции фенола природными сорбционными материалами и активированными углями в режиме статической адсорбции.

По этой причине в режиме одноступенчатой статической адсорбции на модельных системах – водных растворах фенола (C_1 = 1 – 50 мг/дм^3) была проведена сравнительная оценка сорбционных свойств шелухи овса, шелухи ржи, шелухи пшеницы, шелухи ячменя и диатомита по сравнению с активированным углём марок БАУ и АТХ A07BA01 (АТХ) при концентрации сорбентов 10 г/дм^3 на магнитной мешалке в течение 5 часов. На основе полученных данных была рассчитана фенолоемкость для каждого образца по формуле:

$$A = \frac{C_0 - C_i}{V \cdot m}$$

где А – сорбционная ёмкость, C_0 – начальная концентрация фенола, C_1 – концентрация фенола после сорбции, V– объем раствора, m – масса сорбента.

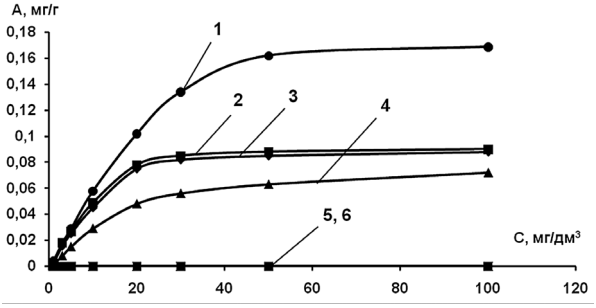


Рис. 1. Кинетика сорбции фенола в режиме статической адсорбции сорбентами:
1 – уголь БАУ, 2 – шелуха ячменя, 3 – шелуха овса,
4 – шелуха пшеницы, 5 – шелуха ржи, 6 – диатомит

Как видно из рис. 1, некоторые природные материалы (шелуха ячменя, шелуха овса и шелуха пшеницы) обладают селективной сорбционной активностью по отношению к фенолу и могут конкурировать с другими сорбентами, в то время как шелуха ржи и диатомит не проявляют сорбционной активности по отношению к фенолу.

Степень сорбции S (%) характеризует долю поглощенного вещества сорбентом и определяется по формуле:

$$S = \frac{C_p}{C_0} * 100\%$$

где: Со – начальная концентрация фенола, Ср – равновесная концентрация поглощенного фенола.

$$C_p = C_o - C_{ост}$$

Сост – остаточная равновесная концентрация фенола после сорбции (таб. 1).

По данным морфологического анализа сорбентов была рассчитана удельная площадь поверхности частиц сорбента и представлена в таблице 2.

Удельную площадь поверхности частиц $S_{уд}$ (м^2/г) определяли по формуле (принимая форму частиц за прямоугольную):

$$S_{уд} = 2*(a*b + b*c + c*a)*n,$$

где a, b, c – средние значения длины, ширины и толщины частиц сорбента при 10 параллельных измерениях (м), n – среднее количество частиц сорбента в 1 г аналогично при 10 параллельных измерениях (шт).

Таблица 1.

Степень сорбции фенола сорбентами

Сорбент	Шелуха овса	Шелуха ячменя	Шелуха пшеницы	Шелуха ржи	Диатомит	БАУ	АТХ
C_o, мг/л	30	30	30	30	30	30	30
$C_{ост}$, мг/л	21,8	21,5	24,4	30	30	16,6	1,12
C_p, мг/л	8,2	8,5	5,6	0	0	13,4	28,88
S, %	27,33	28,33	18,67	0	0	44,67	96,27

Таблица 2.

Удельная площадь поверхности сорбентов

Сорбент	Шелуха овса	Шелуха ячменя	Шелуха пшеницы	Шелуха ржи	Диатомит	БАУ	АТХ
$\overline{S}_{уд}$ *10^{-3}, $м^2/г$	8,84	8,14	8,10	7,56	0,72	4,4	0,64

По данным анализа видно, что природные сорбционные материалы (шелуха ячменя, шелуха овса и шелуха пшеницы) обладают высокой сорбционной активностью (А) по отношению к фенолу при степени сорбции ($S_{уд}$) 28,33 %, 27,33 % и 18,67 % соответственно в режиме одноступенчатой статической адсорбции, а также высокими значениями удельной площади поверхности сорбентов (8,84, 8,14 и 8,10 $м^2/г$ соответственно).

Изучены кинетические кривые адсорбции фенола на природных материалах: шелуха ячменя, шелуха овса и шелуха пшеницы. Данные изотермы адсорбции соответствуют 1 типу изотерм адсорбции по классификации БДДТ и описывают мономолекулярную адсорбцию фенола природными сорбционными материалами. По построенным зависимостям в координатах: 1/A=f(1/C) и lgA=lgC можно сделать вывод, что ни одна кривая не относится ни к кривой Ленгмюра, ни к кривой Фрейндлиха, так как не линеализируются в данных координатах.

Литература

1. Lin S.H. Adsorption of phenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: a review / S.H. Lin, R.S. Juang // J. Environ. Manage. – 2009. – v. 90. – № 3. – P. 1336-1349.
2. Мальцева В.С. Исследование механизма сорбции фенола из сточных вод природными сорбентами / Мальцева В.С., Сазонова А.В. // Известия ЮЗГУ. Серия Физика и химия. – 2013. – № 1. – С. 65–74.

КВАДРАТНАЯ РАВНОМЕРНО ВСАСЫВАЮЩАЯ ПАНЕЛЬ

Ланцов А.Е., Давыдов А.П., Ахмерова Г.М.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

SQUARE EVENLY-SUCTION PANEL

Lantsov A.E., Davidov A.P., Akhmerova G.M.,
Kazan State University of Architecture and Construction, Kazan

Аннотация

В статье приводятся данные по исследованию квадратной равномерно всасывающей панели с отверстиями разного диаметра, рассчитанной с учётом зависимости коэффициентов расхода μ от чисел Рейнольдса μ=f(Re). Данные подобных экспериментов для квадратных равномерно всасывающих панелей в литературе отсутствуют.

Целью экспериментов являлась проверка работы квадратной равномерно всасывающей панели, рассчитанной с учётом зависимости коэффициентов расхода μ от чисел Рейнольдса μ=f(Re)[1]. Ранее нами проводись испытания прямоугольной панели, рассчитанной с учётом зависимости коэффициентов расхода μ от чисел Рейнольдса μ=f(Re)[2].

В ходе эксперимента решались следующие задачи:

1. Исследование распределения давлений воздуха по площади задней стенки панели квадратного сечения с круглыми отверстиями ра*//**-/зличного диаметра.

2. Исследование распределения поля скоростей всасывания по плоскости всасывания воздуха панели квадратного сечения с круглыми отверстиями различного диаметра.

3. Исследование распределения расходов воздуха по площади всасывания панели квадратного сечения с круглыми отверстиями различного диаметра.

По результатам экспериментов были построены трехмерные графики поля давлений, поля скоростей (в статье не приводятся) и поля расходов воздуха.

Был сделан вывод о том, что исследуемую квадратную можно считать равномерно всасывающей.

Annotation

The article provides data on the study of square evenly-suction panel with holes of differ-ent diameters, calculated taking into account the dependence of coefficient of discharge μ from Reynolds μ=f(Re). The data of these experiments for square evenly-suction panels in the literature are missing.

The goal of the experiments was to verify the operation of the square evenly-suction panel, calculated taking into account the dependence of coefficient of discharge μ from Chi-sat Reynolds μ=f(Re)[1]. Earlier we were organized trials rectangular panel calculated taking into account the dependence of coefficient of discharge μ from Reynolds μ=f(Re)[2].

In the experiment, the following tasks were solved:

1. The study of pressure distribution of air on the area of the rear wall panel of square sec-tion from round holes of different diameters.
2. The study of the distribution of the velocity field of the suction plane intake panel of square section from round holes are different.
3. The study of the distribution of airflow in the area of the suction panel of square section from round holes of different diameters.

According to the results of the experiments were constructed three-dimensional graphics pressure field, velocity field (in the article does not provide) and field expenses of air.

It was concluded that the study of a square can be considered evenly-suction.

Описание установки и методика проведения экспериментов

В соответствии с целями и задачами исследования на кафедре теплоэнергетики КГАСУ был сконструирован, изготовлен и смонтирован аэродинамический стенд (рис. 1).

К стенду присоединялась специально сконструированная испытуемая квадратная панель. Она была рассчитана по специальной методике [1], адаптированной для квадратных панелей. Такая методика позволила рассчитать квадратную панель, которая обеспечивает равномерное всасывание по поверхности. Это в конечном итоге приведёт к уменьшению энергетических затрат на всасывание и уменьшит объёмы удаляемого воздуха. Методика основана на определении закономерностей распределения давления по пути движения воздуха внутри панели. Зная закономерность распределения давления, представилось возможным рассчитать диаметры всасывающих отверстий на поверхности панели.

Для измерения давления использовались микроманометры ММН-240 и ЦАГИ. Замеры скоростей в отверстиях панели проводились тарированным термоанемометром ТАМ-1М. Для удобства замеров термоанемометр крепился на специальном координатнике.

Испытуемая панель (рис. 2 и рис. 3) представляет собой корпус в форме квадрата с размерами а (длина)х в(высота)х с(толщина)=0,37х0,37х0,1, фасадная сторона которого выполнена в виде съемного листа с отверстиями разного диаметра.

Панель была рассчитана на 100 отверстий. Для привязки каждого отверстия к координатной сетке на фасадной стороне панели были нанесены координатные шкалы – по оси X от 1 до 10, по оси Y от А до К (рис. 2).

Для отбора давления на задней стороне панели имеются 16 штуцеров.

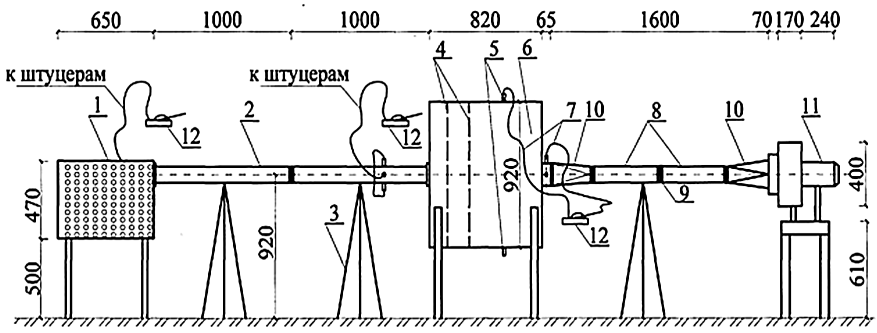


Рис. 1. Схема аэродинамического стенда:
1 – испытуемая панель; 2 – участок стабилизации потока, представляет собой воздуховод квадратного сечения100х100 мм и длиной 20dэкв; 3 – опора; 4 – два ряда сеток внутри камеры статического давления; 5 – штуцер для замера давления в камере статического давления и в коллекторе; 6 – камера статического давления; 7 – подвод статического давления к микроманометру по трубкам; 8 – участок воздуховода квадратного сечения100х100 мм и длиной 10d с шибером 9; 10 – переходы сечений; 11 – вентилятор с электродвигателем (ВР-86-77-2,5 /ВР-4); 12 – микроманометры, присоединённые к штуцерам

В ходе расчета панели были определены диаметры всасывающих отверстий, скорости всасывания воздуха, давление воздуха и удельные расходы воздуха в каждом отверстии.

Методика проведения экспериментов была следующая.

1. Были измерены давления на задней стенке панели в точках отбора (с помощью гибких шлангов, присоединенных к штуцерам и микроманометрам). Рассчитаны относительные давления и построен трёхмерный график поля относительных давлений.

2. Для каждого отверстия панели задней стенке были измерены скорости всасывания воздуха. Были рассчитаны относительные скорости и построен трёхмерный график поля относительных скоростей (результаты в данной статье не приводятся).

3. Зная диаметры отверстий и скорости, были вычислены удельные расходы воздуха через все отверстия. Были рассчитаны относительные расходы и построен трёхмерный график поля относительных расходов.

Результаты экспериментов

Приведем выборочные результаты экспериментов, касающихся распределения давления на задней стенке панели и распределения удельных расходов воздуха по плоскости всасывания панели.

В результате расчета панели были вычислены давления в каждом из 100 отверстий. Затем были рассчитаны относительные давления в каждом из 100 отверстий по формуле 1.

$$\overline{p}_{i(x,y)} = \frac{p_{x,y}}{p_{cp}}, \qquad (1)$$

где p_{cp} – среднее давление.

$p_{cp} = \sum_{n=1}^{n=k} p_{i(x,y)} / k$, k – число отверстий, принималось равным 100.

На рисунке 2 представлен объёмный график относительных давлений, полученных аналитическим путем в отверстиях (в Па) квадратной панели, рассчитанной при коэффициентах расхода $\mu = f(Re)$. На графике, на вставленной марке, показана ориентация панели в плоскости осей X,Y. По оси X были отложены номера вертикальных рядов отверстий от 1 до 10, по оси Y отложены обозначения горизонтальных рядов отверстий от А до К. По оси Z, из центров гипотетических квадратов, на которые была разбита панель (являющихся центрами отверстий), по нормали отложены значения относительных расходов $\overline{p}_i$ в *Па* воздуха через отверстия, образующие плоскость.

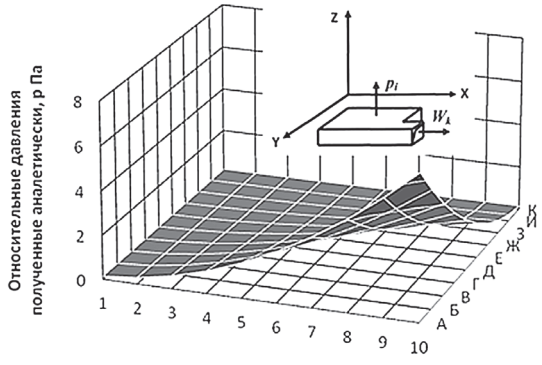


Рис. 2. Объёмный график относительных давлений, полученных аналитическим путем px, y в отверстиях (в Па) квадратной панели

Затем были замерены значения давлений на задней стенке панели. Давления замерялись в 16 точках с помощью микроманометра ММН-240, подключенного с помощью гибких шлангов к штуцерам. Далее были вычислены относительные величины давлений в точках отбора $\overline{p}_{i(x,y)}$ по формуле 2:

$$\overline{P}_{i(x,y)} = \frac{P_{i(x,y)}}{P_{cp}}, \qquad (2)$$

где p_{cp} – среднее давление.

$P_{cp} = \sum_{n=1}^{n=k} P_{i(x,y)} / k$, k – число отверстий, принималось равным 16.

По результатам вычислений был построен объёмный график замеренных относительных давлений $p_{x,y}$ (в Па) в точках отбора, представленный на рис. 3.

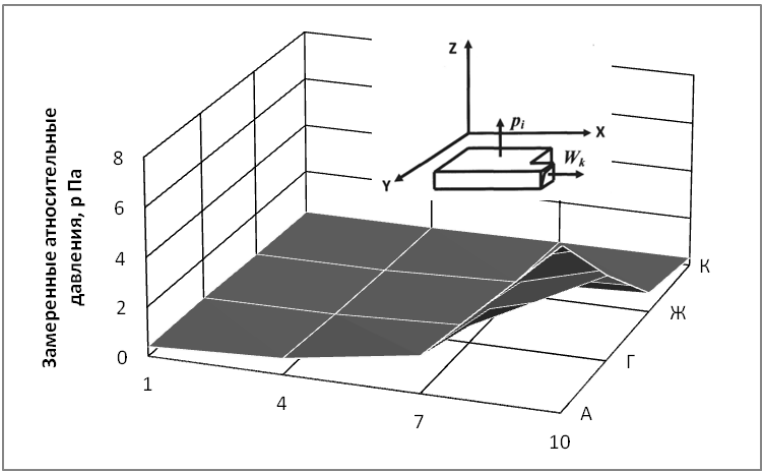


Рис. 3. Объёмный график замеренных относительных давлений $p_{i(x,y)}$ (в Па) в точках отбора для квадратной панели

При расчете панели удельный расход всасываемого воздуха через отверстия составил $q_i = 0,001795$ м^3/с.

Были вычислены расходы воздуха $q_{i(x,y)}$ в каждом отверстии по формуле 3:

$$q_{i(x,y)} = v_i \cdot f_i, \tag{3}$$

где: f_i – площадь отверстия, м^2,

v_i – скорость воздуха в отверстии, м/с.

Вычисление относительных расходов $\bar{q}_i$ производилось по формуле 4:

$$\bar{q}_i = \frac{q_i}{q_{cp}}, \tag{4}$$

где $q_{cp} = \sum_{n=1}^{n=k} q_i / k$, k – число отверстий, принималось равным 100.

По результатам вычислений был построен объёмный график поля рассчитанных относительных расходов, представленный на рисунке 4. На графике показана ориентация панели в плоскости осей X, Y. По оси X были отложены номера вертикальных рядов отверстий от 1 до 10, по оси Y отложены обозначения горизонтальных рядов отверстий от А до К. По оси Z, из центров гипотетических квадратов, на которые разбита панель (являющихся центрами отверстий), по нормали отложены значения относительных расходов $q_{i(x,y)}$ воздуха через отверстия, образующие плоскость.

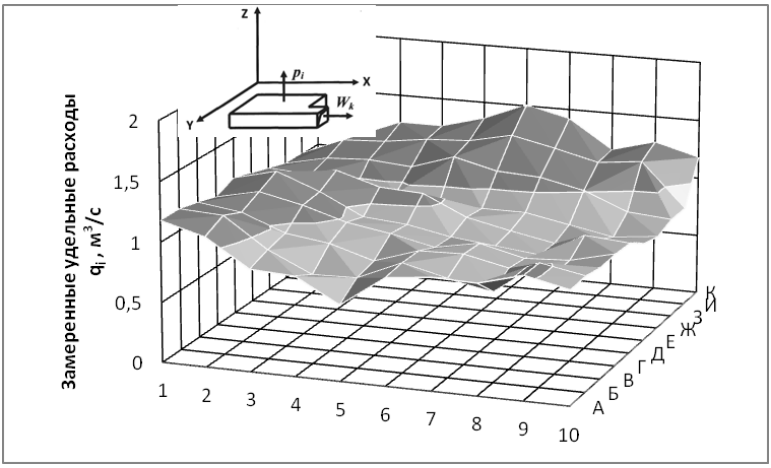


Рис. 4. Объёмный график поля рассчитанных относительных расходов воздуха $\overline{q}_{i(x,y)}$ *в отверстиях (в м³/с) для квадратной панели*

После обработки экспериментально полученных расходов был получен средний удельный расход по 100 точкам. Он составил q_i =0,0017 м³/с.

Выводы

1. Как видно из графиков 2 и 3, характер изменения давления подтверждается экспериментально.

2. Как видно из графика 5, поле всасывания представляет собой достаточно равномерную плоскость, не имеющую сильных «провалов» и «выпуклостей». Мы считаем, что такую панель можно считать равномерно всасывающей.

3. Так как удельный расход воздуха, на который рассчитывалась панель q_i =0,001795 м³/с. и средний удельный расход воздуха, полученный в результате экспериментов q_i =0,0017 м³/с, практически совпадают (разница составляет 5 %), то данная панель обеспечивает проектную производительность.

Литература

1. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Методика расчёта равномерно всасывающей панели // Материалы IV Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Волгоград: РИО ВГАСУ, 2006. С. 164–170.
2. Ланцов А.Е., Давыдов А.П., Ахмерова Г.М. Работа равномерно всасывающей панели с отверстиями круглого сечения. Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан// XIII Междунар. симп., Казань: Издательство: ООО «Скрипта».

УЧЕБНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Хакимов И.С., Баширова А.И., Новиков В.Ф.,
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

STUDY WIND POWER PLANT WITH A VERTICAL AXIS OF ROTATION

Hakimov I.S., Bashirova A.I., Novikov V.F.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan

Аннотация

В работе рассмотрим вопросы эксплуатации ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения, сконструированной для обучения студентов основам альтернативной электроэнергетики. Конструкция ветроэнергетической установки позволяет в процессе проведения эксперимента изменять площадь лопастей ветроколеса, их геометрические размеры, что позволяет выявлять различные закономерности выработки электрической энергии.

Annotation

In this paper we consider the issues of operating a wind power plant with a vertical axis of rotation, designed to teach students the basics of alternative power. The construction of the wind power plant in the process allows the experiment to change the rotor blade area, their geometrical dimensions, which allows identifying the different patterns of electric power generation.

Ветроэнергетические системы являются перспективным направлением получения электрической энергии от альтернативных источников. Основное препятствие при использовании ветра в качестве источника энергии заключается в его непостоянстве, которое характеризуется многолетней и сезонной изменчивостью, а также может изменять свою активность за очень короткие промежутки времени [1].

Несмотря на это ветроэнергетика постоянно развивается, совершенствуются конструкции ветроэнергетических установок (ВЭУ), могут иметь два основных режима работы: работа с постоянной и переменной скоростью вращения ротора ветроколеса. При этом существуют три основные зоны работы (ВЭУ): первая зона – это моменты бездействия установки и ее запуска. Вторая зона является рабочим режимом, в котором обычно вырабатывается максимально возможное количество электрической энергии. Работа в третьей зоне происходит при скорости ветра выше номинальной [2–3].

Для обучения студентов основам эксплуатации ветроэнергетических установок была создана её модель, включающая в себя ротор, площадь лопастей которых и угол наклона можно изменять, что позволяет в процессе проведения учебного занятия определять различные закономерности работы установки и оптимизировать выработки электроэнергии. В установках имеется генератор напряжения 4в и с силой тока до 100мА. Скорость вращения ветроколеса изменяется регулированием воздушного потока, который задается вентилятором. В системе предусмотрено устройство для замера скорости воздушного потока и числа оборотов ветроколеса. Верхняя часть ветроколеса съемная и прикрепляется с помощью постоянных магнитов.

Литература

1. Медведев М.Ю., Борзов В.И., Пшихопов В.Х. Автономные управляемые ветроэнергетические установки // Известия ТРТУ. – 2006. – № 3 (58). – С. 202–207.
1. Ветроэнергетика / Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; под ред. Шефтера Я.И. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.
2. Шишкин Н.Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного теплоснабжения различных объектов. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. – 208 с.

Абдуллазянов Э.Ю. 200
Абдуллин И.Ш. 271
Аджарова Л. 271
Алексеева А.А. 225
Алимова Ф.К. 215
Аль барри Самоал Хасан 435
Анвартдинов Р.Ф. 343
Андрианов А.В. 339
Антипина О.В. 386
Арисова В.Н. 227
Аухадеев Т.Р. 234
Афанасьева О.В. 363
Афанасьев А.Ю. 244
Афанасьев В.А. 345
Ахмерова Г.М. 80, 511
Ахметвалиева Г.Р. 315
Ахметзянов А.М. 339
Ахметова В.Н. 339
Ахметова И.Г. 73
Ахметова Р.Т. 136
Ахметов М.Г. 49
Ахметов Т.Р. 73
Ахметшина А.И. 275, 398
Ахтямова З.Г. 313
Банникова А.А. 123
Барон В.Г. 184
Барышева О.Б. 361, 413, 422, 483
Бахтеев Б.Р. 98
Баширова А.И. 516
Бегак М.В. 172
Белицкая М.Н. 265
Беневоленская Н.Н. 367
Берёзов Н.А. 244
Богатов В.И. 289, 378
Борисов А.С. 289
Боровская А.О. 367
Боровский М.Я. 289, 378
Брежнев А.Г. 227

Бройда В.А. 465, 502
Брума Е.В. 204
Будникова И.К. 129
Валеева С.Е. 248
Валиуллин М.А. 451, 473
Ваньков Ю.В. 77, 83, 87
Власов С.М. 402
Волкова Н.В. 444
Волошина А.Д. 215
Габдрафиков Р.Р. 473
Гавриленко А.Н. 447
Газеев Н.Х. 212
Гайфуллин А.Р. 349
Галимова Р.Ш. 305
Галькеева А.А. 498
Гапоненко С.О. 453
Гаркушенко В.И. 435
Гатауллина Л.А. 493
Гатауллин Р.Н. 479
Гатиятуллин М.Р. 451, 473
Гафаров И.Г. 271
Гашо Е.Г. 52
Гибадуллин Р.Р. 102
Гимранова А.Б. 234
Гимранов И.Р. 132
Гиниятуллин К.Г. 301
Гирфанов А.А. 98
Гоголь Э.В. 281
Голованов В.И. 438, 444
Горбачук Е.В. 215
Гордон В.А. 204
Грибков А.М. 143
Грибуст И.Р. 265
Григорьян Б.Р. 301, 329
Гузельбаев Я.З. 339
Гумерова Г.И. 281
Гурьев А.В. 69
Гусева Т.В. 172
Давыдов А.П. 451, 473, 511
Даниленко Т.И. 227
Дегтярёв Г.Л. 345
Демьянова О.А. 375
Драницина Е.А. 475
Дряхлов В.О. 490
Егоров А.А. 227
Желовицкая А.В. 309, 311
Желтобрюхов В.Ф. 227, 262

Зарипов Р.Х. 24
Звегинцев А.А. 109
Зверева Э.Р. 315
Звонарева Ю.Н. 77
Зиганшин Ш.Г. 83, 87
Зиннатуллин Р.Р. 398, 475
Злобин А.В. 95
Золотоносов Я.Д. 116
Зуева О.С. 305, 367, 402
Зуев Ю.Ф. 367, 402
Иванцов А.И. 469
Ившин И.В. 102
Игошин В.А. 343
Ильина О.Н. 252
Ильин О.В. 382
Исхакова Р.Я. 419
Калайда М.Л. 305
Кантюков Р.Р. 95, 132, 339, 371, 416
Каратаев О.Р. 431
Кашипова Л.А. 109
Кирсанов В.В. 208, 238, 279, 298, 319, 324
Ключников И.О. 461
Ключников О.Р. 219, 270, 461, 463, 506
Князева И.А. 116
Колодников С.Е. 192
Кондратьев А.Е. 453
Копылов А.М. 102
Корзун Б.В. 447
Крамина Т.А. 293
Кудашев С.В. 227
Кузьменко П.А. 444
Кулаков А.А. 212
Кулик Н.В. 215
Куличкова Е.А. 438
Кулмакова Р.Р. 451, 473
Курмаев И.Х. 200
Ламзина И.В 262
Ланцов А.Е. 473, 511
Ливинский А.П. 56
Логинов В.Н. 87
Лотфуллин Д.Д. 119
Мадякина А.М. 322
Макаров А.В. 244
Макаров В.А. 148
Максимов Е.Г. 113
Мартынов Е.В. 57
Мартьянов Н.А. 270, 506

Матухин В.Л. 441, 447
Машина Н.Н. 425
Медведева Г.А. 136
Мельникова Т.Н. 285
Мещанов А.С. 345, 408, 485, 493
Миллер М.В. 127
Мингазетдинов И.Х. 212, 257, 281
Мингалеева Г.Р. 363, 498
Миндубаев А.З. 215
Минзанова С.Т. 215
Миронова Л.Г. 215
Монг Т.Х. 271
Мукумов Р.Э. 178
Мухаметова Л.Р. 73
Мухаметшин Р.З. 457
Мухутдинова Т.З. 221
Мызникова М.Н. 353
Назарычев С.А. 83
Найман М.О. 259
Найман С.М. 259
Накоряков П.В. 475
Нигматуллин Р.М. 200
Низамов Л.А. 140
Низамутдинова Н.Р. 242
Никитина Е.В. 66
Николаева Л.А. 419
Новиков В.Ф. 127, 516
Нукенов Д.Н. 457
Павлова Д.И. 313
Павлов Г.И. 275, 398
Павлов Л.А. 77
Панкова А.В. 215
Паскалов Г.З. 271
Пахомов А.Г. 195
Переведенцев Ю.П. 234
Петров С.И. 289
Плотникова Л.В. 109
Поленов Л.А. 77
Политова Т.О. 83, 87
Прохорова С.В. 225
Пунанова С.А. 457
Рахимов Р.З. 349
Рахматуллин Э.Э. 311
Романова С.М. 296, 313, 322
Рыжков Д.В. 431
Садриева Г.К. 219
Саиткулов В.Г. 416

Саиткулов Н.О. 416
Салиева Р.Н. 231
Салимов Р.И. 161
Салихзянова Д.Р. 315
Саляхова Р.Р. 83
Сапармырадов К.А. 215
Сафаров А.М. 242
Сафин И.Ш. 427
Сафиуллин А.Х. 132
Сафиуллин Д.Х. 35
Сафиуллин Ф.Ф. 465, 502
Севрюгин С.Ю. 408, 485
Сираева И.Н. 242
Сиразиева Р.Р. 275
Смирнова Е.В. 301
Соболь В.Р. 447
Сорвачев А.В. 339, 371
Степанова М.В. 154
Степанова С.В. 225, 254
Сусликов Э.В. 339
Суховая Е.А. 275, 398, 475
Тамеев И.М. 95, 416
Теляшов Д.А. 275, 398, 475
Титов В.А. 148
Трачук А.Р. 165
Туктаров Э.А. 408, 485
Тукшаитов Р.Х. 200
Тухватуллина Р.З. 508
Тюклин Д.С. 143
Усманов Ф.Р. 461
Успенский Б.В. 248, 289
Файзрахманова А.Р. 267
Файзуллин И.Э. 44
Фаляхов И.В. 339
Фатыхова Л.А. 296
Федотова А.В. 490
Филимонов А.Г. 90
Филимонов В.Н. 289, 378
Фридланд С.В. 322
Хабибрахманова А.И. 335
Хабибрахманов В.З. 335
Хабибуллина Р.В. 315
Хабибуллин Ю.Х. 361, 413, 422, 483
Хаертдинова А.А. 490
Хакимов И.С. 516
Халиулин Р.Р. 275, 398
Халиуллин А.Ф. 157, 357

Халиуллин М.И. 349
Хамидуллин Р.Н. 394
Хисматуллин Г.Р. 463
Хисматулов Л.Р. 451
Хузеев М.В. 313
Хуснутдинов Ш.Н. 416
Чернобровкин Е.А. 129
Чичиров А.А. 402
Чичирова Н.Д. 402
Чудакова О.Г. 332
ЧудаковаО.Г. 311
Шаймарданова А.Ш. 254
Шайхиев И.Г. 490, 508
Шакирова Г.Г. 267
Шакуро С.В. 378
Шамсиева Г.Ш. 259
Шамсутдинова З.Р. 431
Шанталинский К.М. 234
Шапиро М.Ф. 168
Шарипова Э.А. 367
Шафигуллин Р.Г. 180
Шипилова Р.Р. 257
Шмидт Е.В. 441
Шмидт С.В. 441
Шулаев М.В. 335
Шульгин Д.А. 441
Щуринова Д.А. 227
Югина Н.А. 335
Юдаев И.В. 265
Юсупов А.Р. 119
Ягофаров О.Х. 475
Яхваров Д.Г. 215

ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Сборник докладов
XV Международного симпозиума
«Энергоресурсоэффективность и энергосбережение»

1–3 апреля 2015 г.

С о с т а в и т е л и:
Е.В. Мартынов, В.В. Чесноков, С.В. Артамонова

Компьютерная верстка:
Р.М. Шарафутдинов
Подписано в печать 03.08.2015.
Формат 70х100 / 16. Усл. печ. л. 16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 250 экз. Заказ № 39365.

Издательство ИП Шайхутдинов А.И.
420138, РТ, г. Казань, ул. Дубравная, д. 12, кв. 87

Отпечатано в типографии:
ИП Шайхутдинов А.И.
420138, РТ, г. Казань, ул. Дубравная, д. 12, кв. 87