

Свойства природного газа

Виды газообразного моторного топлива

Горючие газы, применяемые в качестве моторного топлива для автомобилей, можно условно разделить на четыре основных вида по условиям специфики содержания, влияющей на возможность использования на разных классах автомобилей (легковых, грузовых, автобусов):

1 Сжиженные нефтяные газы (СНГ):
пропан, бутан и их смеси

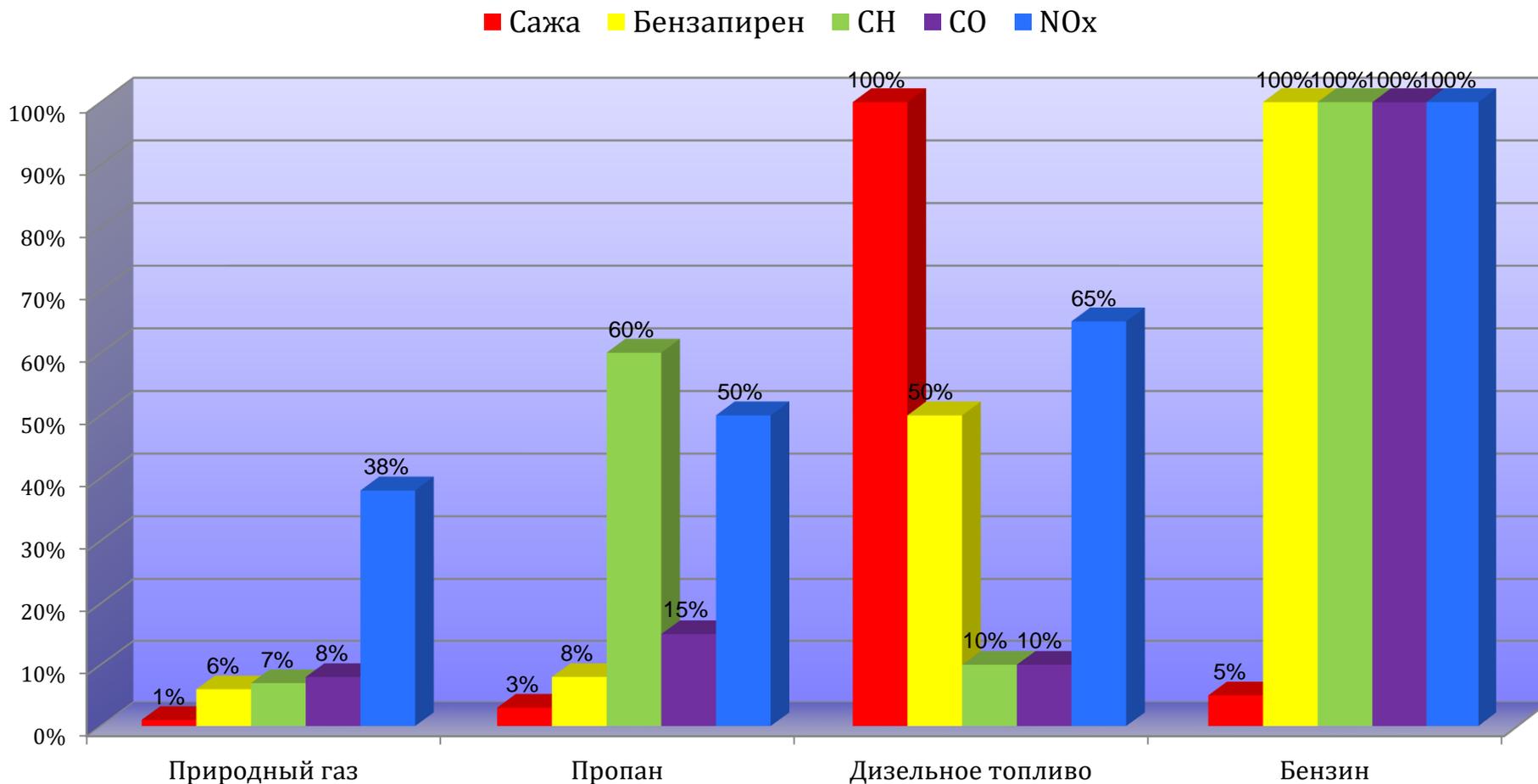
2 Компримированные (сжатые) природные газы (КПГ): метан

3 Сжиженные природные газы (СПГ):
имеют такое же происхождение и состав, как и КПГ

4 Водородное топливо: водород

Свойства природного газа

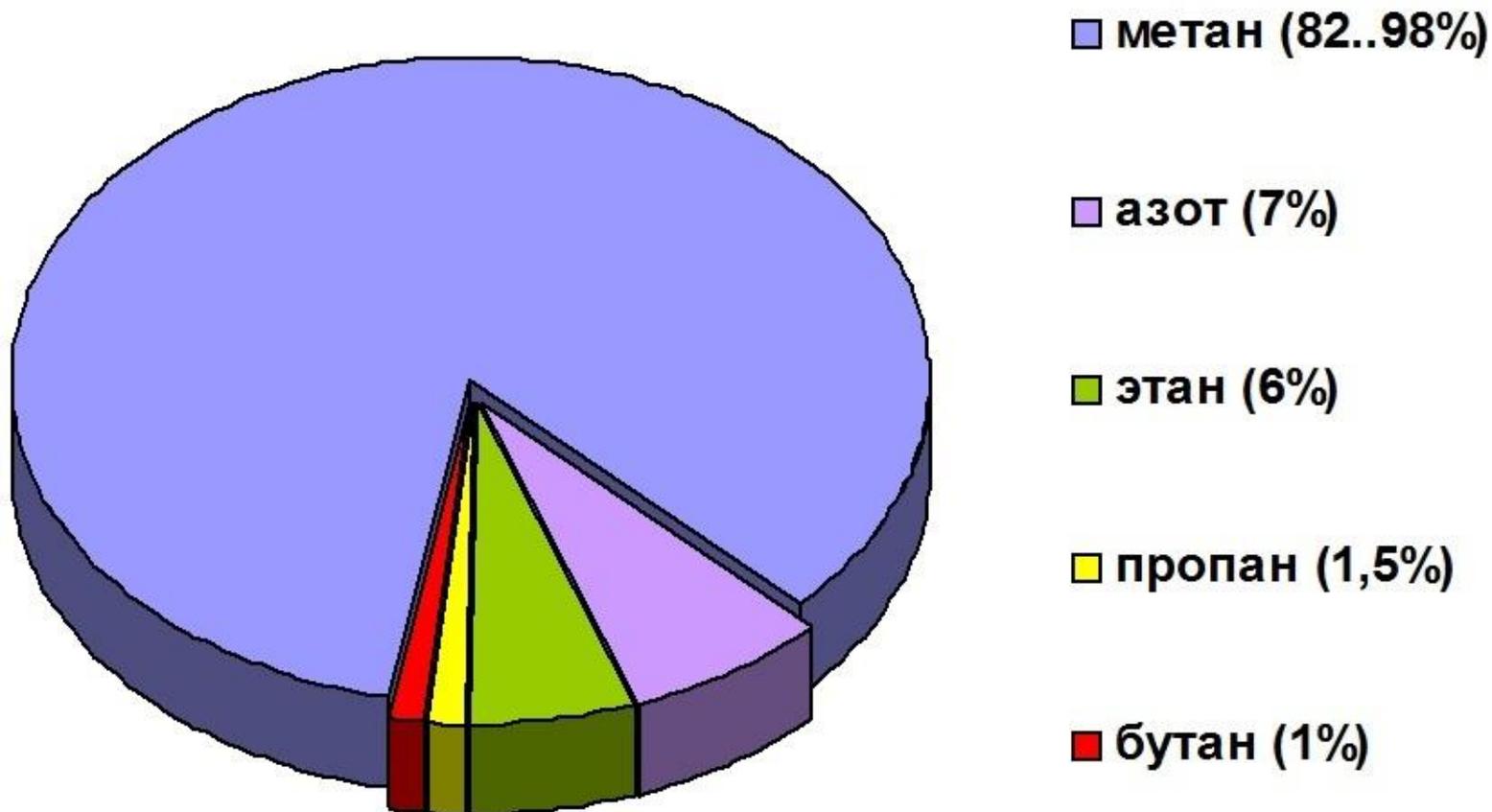
Экологические преимущества метана



**За 100% принят бензин, по саже дизельное топливо
Сажа – главный канцероген в дизельном топливе !!!**

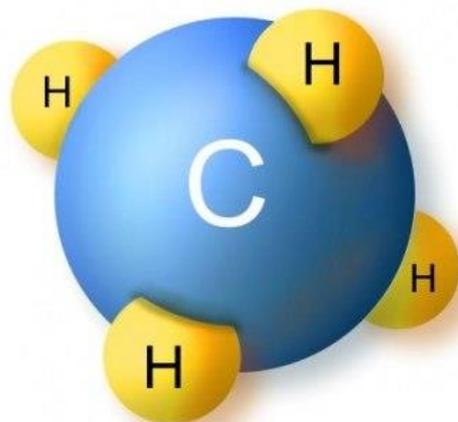
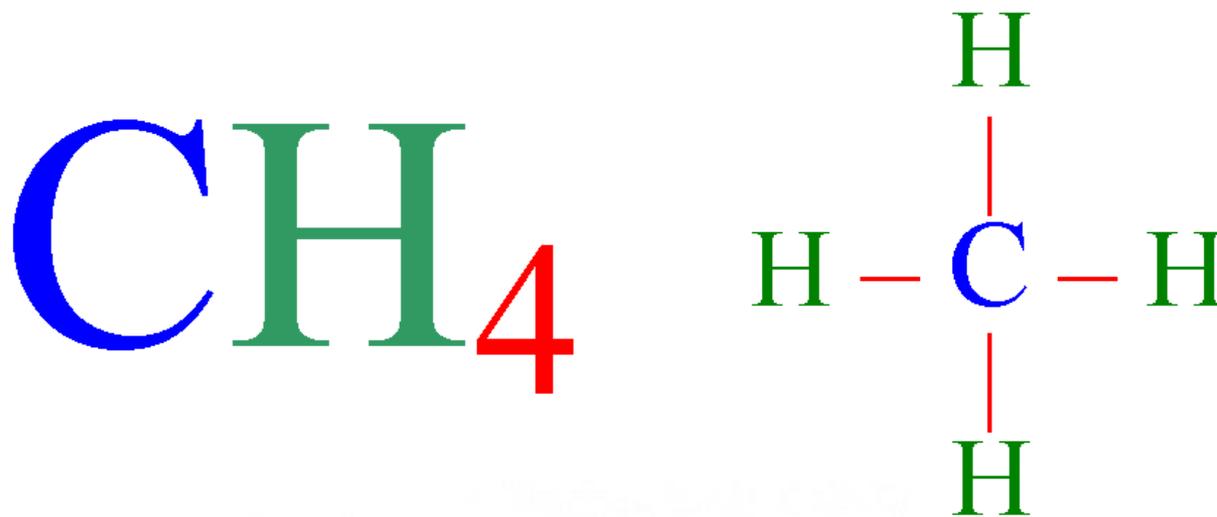
Свойства природного газа

Компонентный состав природного газа



Свойства природного газа

Химическая формула природного газа



Свойства природного газа

Что такое природный газ?

Природный газ –бесцветный нетоксичный газ без цвета, без запаха и вкуса, имеющее плотность почти в 2 раза ниже воздуха.

Плотность газа при нормальных условиях $0,717 \text{ кг/м}^3$, а относительная плотность газовой фазы по воздуху – $0,554-0,70$. Поэтому при утечках улетучивается и при отсутствии вентиляции скапливается в верхних частях помещения.

Для повышения условий безопасности и обнаружения при утечках, природному газу придают особый запах – одорируют. Одоризация может быть осуществлена путем добавления пахучих веществ, позволяющих определить даже незначительные утечки газа из системы питания. В качестве одорантов используют меркаптан (RHS) или его соединения метил – или этилмеркаптан, запах которого ощущается при содержании его $0,2 \text{ г}$ в 1000 м^3 воздуха. Добавляют 16 г на 1000 м^3 газа.

По токсикологической характеристике природный газ в соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 отнесен к веществам 4-го класса опасности. Природные углеводородные газы не оказывают токсического действия на организм человека (не ядовиты), но повышенная концентрация в воздухе может вызвать раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, действовать удушающе, Природные газы не ядовиты, однако при концентрации метана в воздухе, достигающей до 10% и более, возможно удушье вследствие уменьшения количества кислорода в воздухе. Но скопить такую концентрацию, особенно на открытом воздухе, при соблюдении требований техники безопасности невозможно.

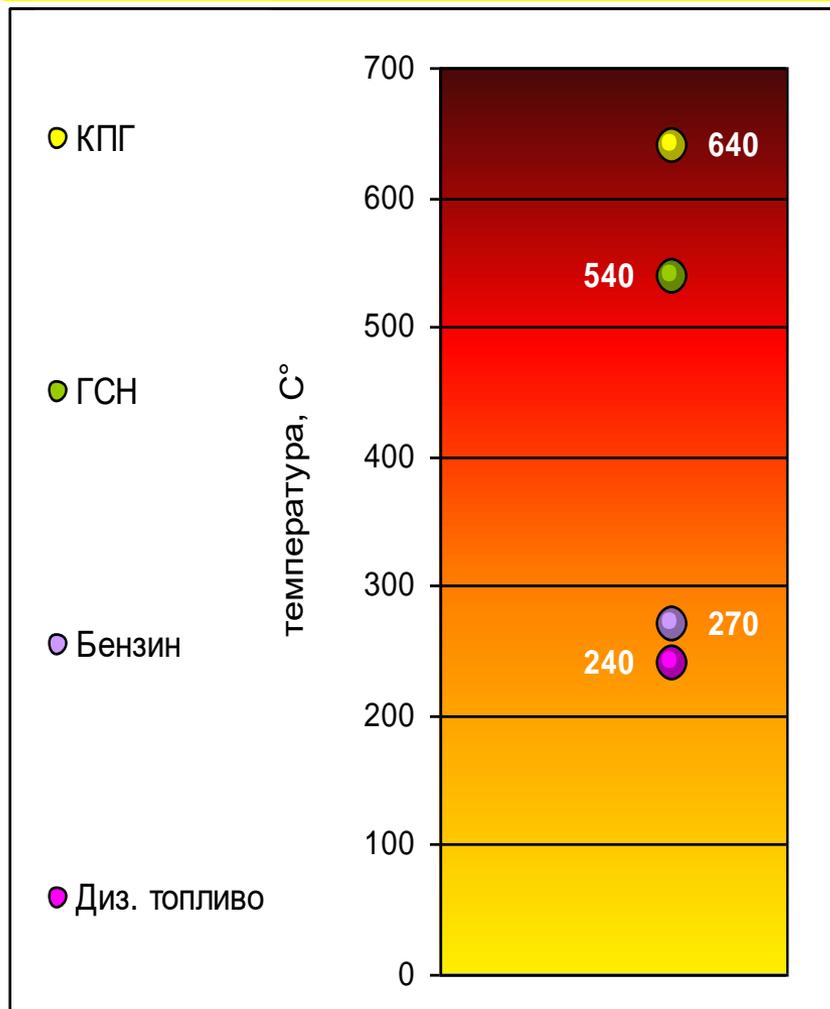
Углеводороды природных газов в организме человека не аккумулируются, и в воздушной среде токсичных соединений не образуют.

Свойства природного газа

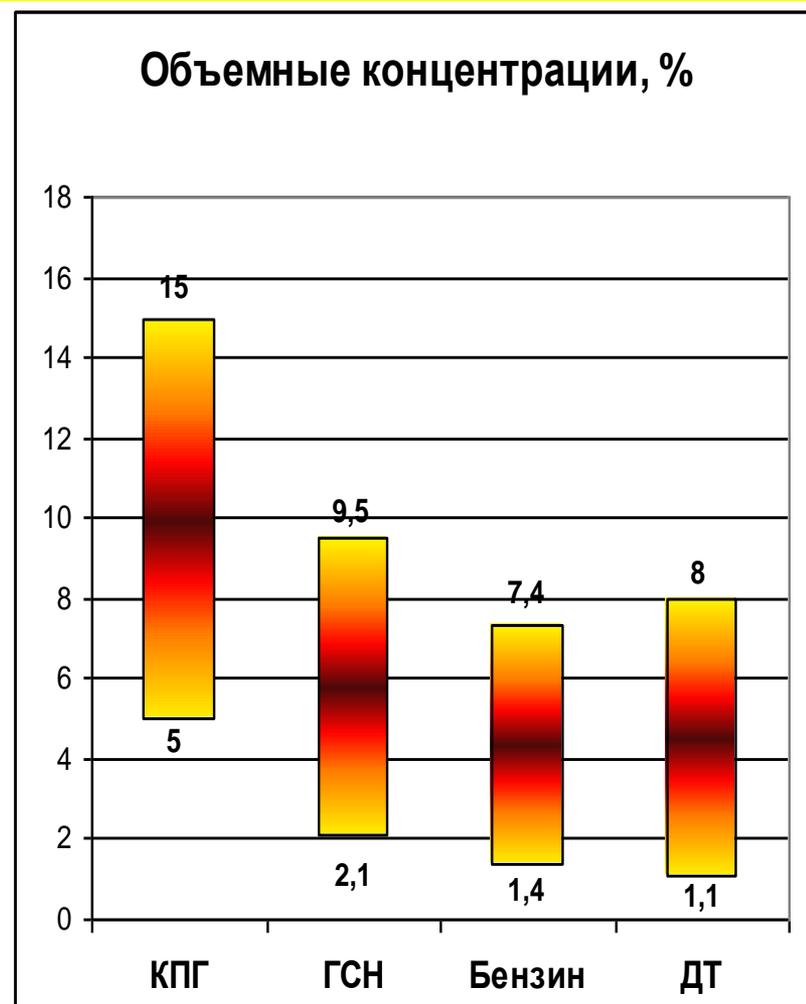
ПОКАЗАТЕЛЬ	ПРИРОДНЫЙ ГАЗ
Октановое число по моторному методу	107-120
Теплота сгорания, низшая, кДж / м ³	33800
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания топлива, м ³ воздуха / м ³ топлива	9,52
Температура горения, С°	>2000
Температура воспламенения, С°	600-650
Пределы воспламенения объёмные, %	
- нижний	5
- верхний	15
Температура кипения, С°	-161,6
Плотность газовой фазы, кг / м ³	0,717
Плотность жидкой фазы, кг / м ³	424,5
Относительная плотность газовой фазы (по воздуху)	0,554

Свойства природного газа

Метан – это самый безопасный вид моторного топлива



Температура самовоспламенения различных видов топлива



Концентрационные пределы воспламенения в воздухе

Свойства сжиженного природного газа

Сжиженный природный газ (СПГ)

"Сжиженный природный газ (СПГ)", именуемый также "жидкий природный газ", означает криогенную жидкость, получаемую путем охлаждения природного газа до температуры ниже кипения при атмосферном давлении и хранимую на борту транспортного средства для использования в качестве топлива.

При атмосферном давлении и температуре $-161,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ метан сжижается и его объем уменьшается почти в 600 раз и плотность жидкой фазы достигает до $424,5\text{ кг/м}^3$.

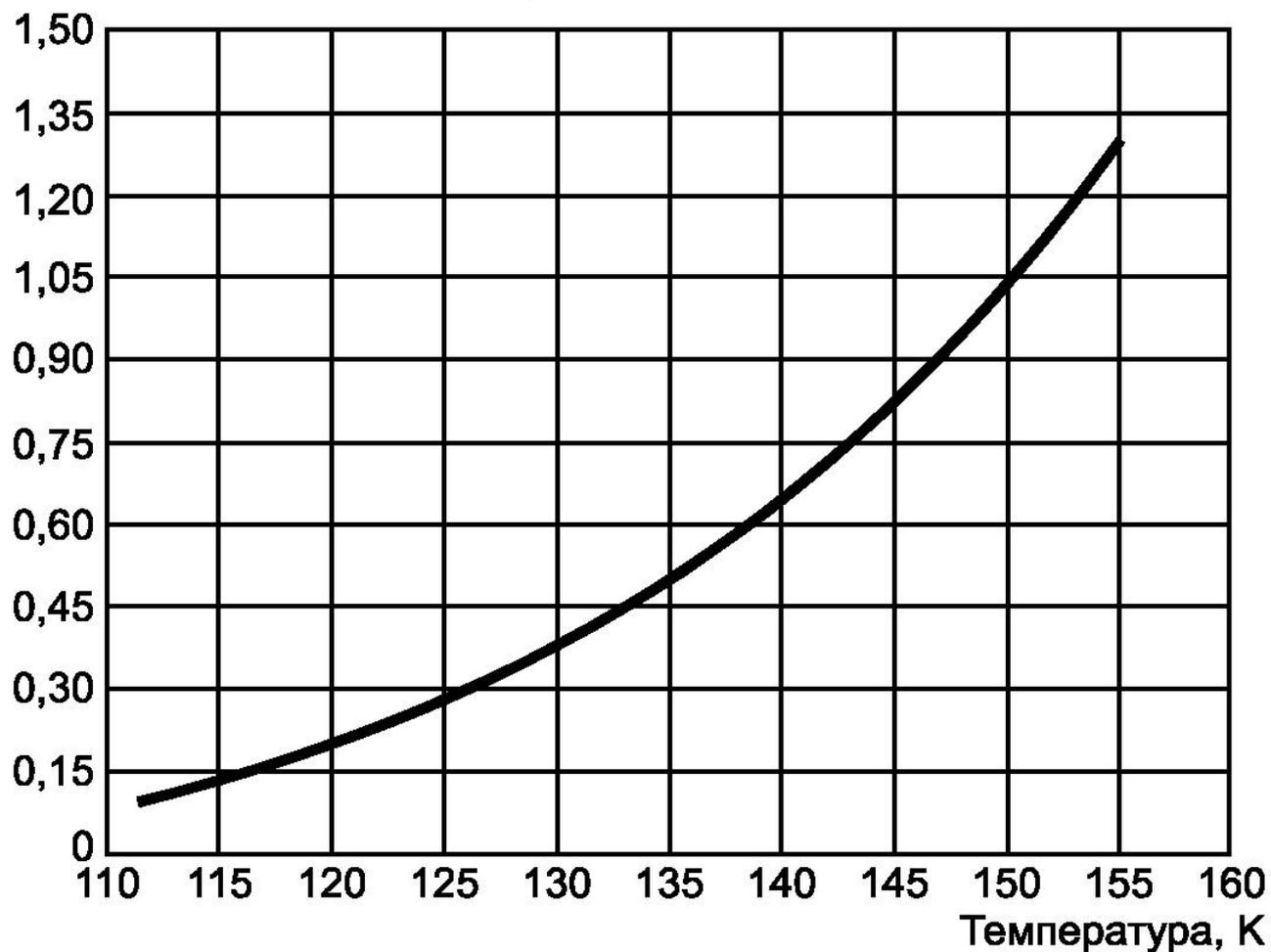
В жидкой форме природный газ не имеет способность взрываться или воспламеняться, а при испарении может воспламениться только в случае контакта с источником горения и если концентрация газа в воздухе будет составлять от 5 до 15 процентов.

Хранится сжиженный природный газ при давлении от $0,3$ до $1,0\text{ МПа}$ в емкостях с вакуумной изоляцией. Температура хранения варьируется в зависимости от состава газа и давления. «Холодным» (ненасыщенным) СПГ принято считать СПГ, который находится в состоянии при температуре ниже $-143\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении до $0,34\text{ МПа}$. Для «теплого» (насыщенного) СПГ эти значения составляют от -125 до $-131\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от $0,69$ до $0,93\text{ МПа}$ соответственно.

Свойства сжиженного природного газа

Равновесная температура жидкого метана

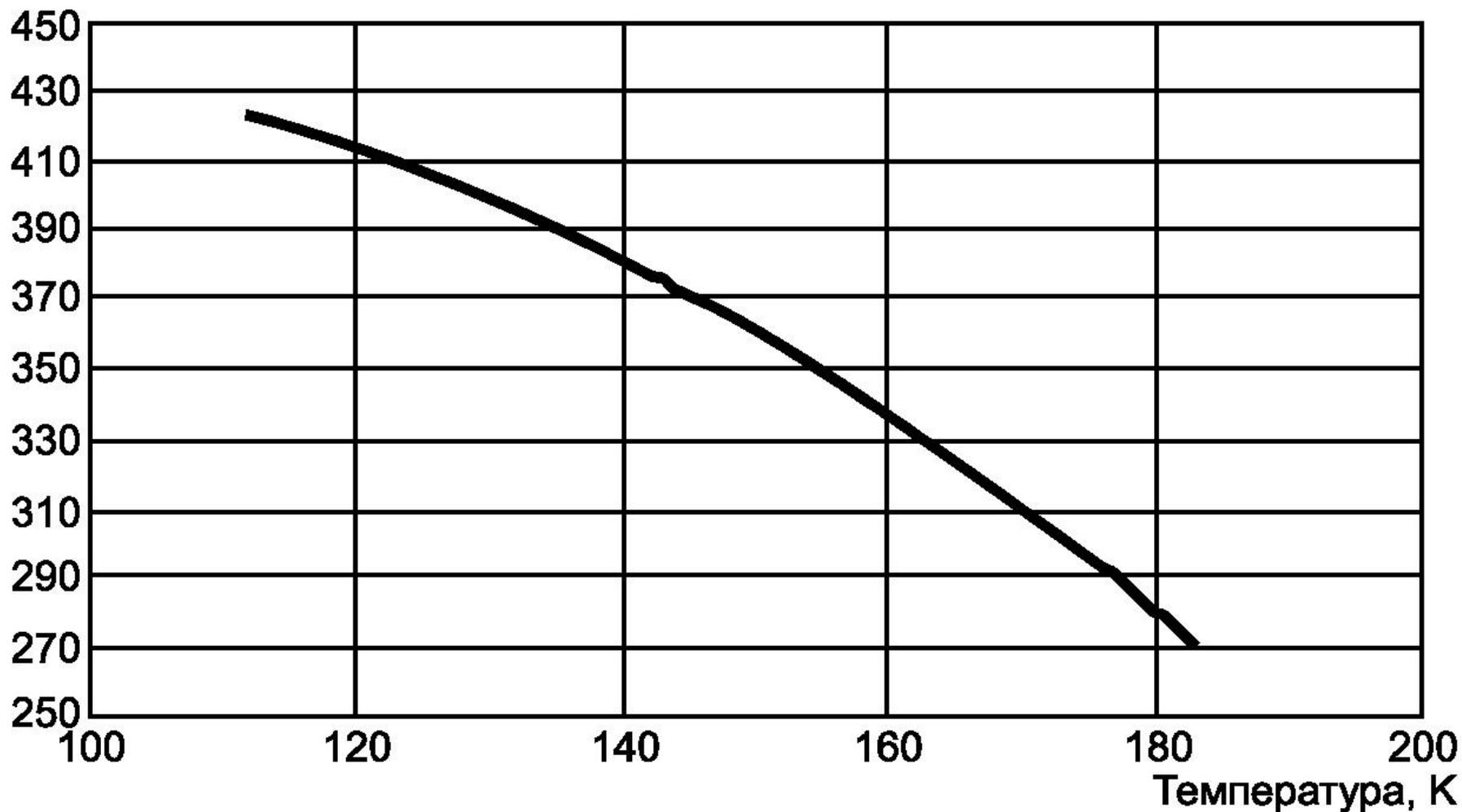
Давление насыщенных паров, МПа



Свойства сжиженного природного газа

Плотность жидкого метана

Плотность жидкости ρ' , кг/м³



Свойства сжиженного природного газа

Регламентации компонентного состава газа

Сжиженный природный горючий газ (СПГ) по ГОСТ Р 56021—2014, используемый в качестве моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания, а также топлива для энергетических установок промышленного и коммунально-бытового назначения, имеет следующие показатели качества поставляемого потребителям СПГ, следующих марок:

- марка А** - сжиженный природный горючий газ высокой чистоты, обладающий постоянной теплотой сгорания, используемый в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок с узкими пределами регулирования;
- марка Б** - сжиженный природный горючий газ, используемый в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания;
- марка В** - сжиженный природный горючий газ, используемый в качестве топлива для энергетических установок.

При поставках СПГ с массовой концентрацией общей серы не более 0,010 г/м³ к обозначению марки СПГ добавляют индекс «О».

Свойства сжиженного природного газа

Физико-химические показатели сжиженного природного газа для газобаллонных автомобилей по ГОСТ Р 56021—2014

Наименование показателя	Значение для марки			Метод анализа или измерения *
	А	Б	В	
1 Компонентный состав, молярная доля, %	Определение обязательно			По ГОСТ 31371.1–ГОСТ 31371.7
2 Область значений числа Воббе (высшего) при стандартных условиях, МДж/м ³	От 47,2 до 49,2	Не нормируется	От 41,2 до 54,5	По ГОСТ 31369
3 Низшая теплота сгорания при стандартных условиях, МДж/м ³	Не нормируется	От 31,8 до 36,8	Не менее 31,8	По ГОСТ 31369
4 Молярная доля метана, %, не менее	99,0	80,0	75,0	По ГОСТ 31371.1–ГОСТ 31371.7
5 Молярная доля азота, %, не более	Не нормируется	5,0	5,0	
6 Молярная доля диоксида углерода, %, не более	0,005	0,015	0,030	
7 Молярная доля кислорода, %, не более	0,020			
8 Массовая концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,020			По 8.4
9 Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036			По 8.4
10 Расчетное октановое число (по моторному методу), не менее	Не нормируется	105	Не нормируется	По ГОСТ 27577

Опыт эксплуатации газобаллонных автомобилей показал, что удовлетворительные показатели по мощности, топливной экономичности, выбросам вредных веществ и дымности отработавших газов двигателями могут быть обеспечены при строгой регламентации компонентного состава газа, поставляемого в качестве топлива для автомобильного транспорта. В соответствии с ГОСТ Р 56021—2014 сжиженный природный газ должен соответствовать требованиям и нормам.

Свойства сжиженного природного газа

Опасность СПГ

СПГ хранят в кипящем состоянии в теплоизолированных резервуарах большой вместимости. Любой приток тепла извне вызывает испарение части СПГ в газовую фазу.

При попадании СПГ на землю (при аварийном разливе) сначала происходит интенсивное кипение, затем скорость испарения СПГ быстро падает до постоянного значения, которое определяется тепловыми свойствами грунта и притоком тепла, получаемого от окружающего воздуха.

При разливе СПГ небольшие объемы жидкости превращаются в значительные объемы газа, при этом из одного объема жидкости в условиях окружающей среды образуется приблизительно 600 объемов газа

Первоначально газ, образующийся в результате испарения СПГ, имеет приблизительно такую же температуру, что и СПГ, и плотность, большую, чем плотность окружающего воздуха. Такой газ в первую очередь под действием силы тяжести будет распространяться по поверхности земли, пока не прогреется в результате поглощения тепла из почвы и перемешивания с окружающим воздухом.

Разбавление теплым воздухом повышает температуру. Но при высоком содержании воды в атмосфере (высокая влажность и температура) может произойти конденсация воды при смешивании с холодными парами СПГ и разогревание смеси, при котором она станет легче воздуха и облако поднимется.

После разлива СПГ образуется "туман", вызванный конденсацией водяного пара в окружающем воздухе. Возможность наблюдения "тумана" (днем и при отсутствии естественного природного тумана) полезна для определения направления перемещения облака испарившегося СПГ, т.к. позволяет оценить опасность воспламенения смеси газа и воздуха.

Свойства сжиженного природного газа

Опасность СПГ

При утечке из сосудов, работающих под давлением, или трубопроводов СПГ будет распыляться в виде струйных потоков в атмосфере с одновременным дросселированием (расширением) и испарением. Этот процесс сопровождается интенсивным перемешиванием паров СПГ с окружающим воздухом. Первоначально большая часть СПГ в паровом облаке будет содержаться в виде аэрозоля. В результате дальнейшего перемешивания СПГ с воздухом произойдет полное испарение мелких капель жидкости.

В жидкой форме природный газ не имеет способность взрываться или воспламеняться, а при испарении может воспламениться только в случае контакта с источником горения и если концентрация газа в воздухе будет составлять от 5 до 15 процентов.

В свободном состоянии природный газ горит медленно с низким перепадом давления (менее 5 кПа). Давление может повышаться в местах с загроможденным или замкнутым пространством, например, в местах с плотно установленным оборудованием или с плотной застройкой.

Свойства сжиженного природного газа

Опасность СПГ

При контакте двух жидкостей с разными температурами при определенных условиях могут возникать мощные ударные волны. Это явление, называемое мгновенным фазовым переходом (МФП), может произойти при контакте СПГ и воды. Несмотря на то, что при этом не происходит воспламенение, создается волна давления, похожая на взрыв.

МФП в результате разлива СПГ на воду происходят редко и с относительно ограниченными последствиями. Теоретические предположения, согласующиеся с результатами экспериментов, можно обобщить следующим образом.

Когда две жидкости со значительно отличающимися температурами вступают в контакт и температура более теплой жидкости значительно выше, чем температура кипения более холодной жидкости, повышение температуры последней происходит настолько быстро, что температура поверхностного слоя может вызвать появление пузырьков в жидкости.

В некоторых случаях такая перегретая жидкость испаряется за очень короткое время по сложному механизму цепной реакции с образованием пара со скоростью ударной волны.

Свойства сжиженного природного газа

Требования безопасности и охраны труда

Низкие температуры, характерные для СПГ, могут привести к различным повреждениям открытых частей тела. Воздействие низких температур на организм человека приводит к тяжелым последствиям, если персонал, работающий с СПГ, не защищен соответствующим образом.

Попадание СПГ на открытые участки кожи вызывает образование волдырей, похожих на ожоги. Газ, образующийся из СПГ, также имеет очень низкую температуру и может привести к ожогам. Нежные ткани, в том числе слизистые оболочки глаз, могут быть повреждены даже при кратковременном воздействии такого холодного пара, которое не повреждает кожу лица и рук.

Не следует касаться незащищенными частями тела нетеплоизолированных трубопроводов или емкостей, содержащих СПГ. Очень холодный металл прилипает к коже, которая повреждается при попытке отрыва от поверхности металла.

Резкое или длительное воздействие холодных паров и газов на организм человека вызывает обморожение. Локальная боль, как правило, является признаком обморожения, но иногда боль не ощущается.

Опасность переохлаждения возникает даже при температуре до 10°C. Лица, пострадавшие от переохлаждения, должны быть выведены из холодной зоны и быстро согреты в теплой ванне при температуре от 40°C до 42°C. В этих случаях не следует использовать для согревания сухое тепло.

Свойства сжиженного природного газа

Требования пожарной безопасности и средства защиты

При обращении с СПГ следует использовать огнетушители порошкового типа (предпочтительно с карбонатом калия). Персонал, работающий с СПГ, должен уметь пользоваться порошковыми огнетушителями при тушении горящих жидкостей. Для снижения теплового излучения при локализации пожара разлития СПГ следует использовать высокократную пену или блоки из пеностекла.

Должны быть доступны источники водоснабжения для охлаждения и получения пены. Не допускается применять воду для тушения пожаров СПГ

Свойства сжиженного природного газа

Преимущества использования СПГ

1. Хорошая смешиваемость с воздухом и образования однородной горючей смеси, соответственно более полное сгорание, отсутствие нагарообразования, увеличение ресурса двигателя.
2. Большое количество теплоты, выделяемой при сгорании горючей смеси.
3. Отсутствие детонации при достаточно высоких степенях сжатия, что позволяет снизить уровень шума, обусловленного работой двигателя.
4. Высокая степень сгорания, малая токсичность отработавших газов.
5. Пригодность к применению без серьезных конструктивных изменений двигателя.
6. Не смывает масляную пленку с поверхности зеркала гильзы цилиндров.
7. Более компактная форма хранения и транспортирования природного газа.

Свойства сжиженного природного газа

Параметры газового топлива в сравнении с дизельным

Топливо	Теплотворная способность, МДж/кг	Типовая единица измерения	Теплотворная способность, МДж/типовую единицу	Энергетический эквивалент	Энергетический эквивалент в реальной эксплуатации
Дизельное топливо	51	литры	43 МДж/л	1	1
КПГ	48	нормальные м ³ (то есть м ³ при 15°С и атмосферном давлении)	33,5 МДж/м ³	1 м ³ природного газа = 0,78 л дизельного топлива	1 л объема топливного бака для дизельного топлива соответствует 6,4 л объема баллона для КПГ
СПГ	48	кг или литры	48 МДж/кг или 20,3 МДж/л	1 кг СПГ = 1,12 л диз. топлива, 1 л СПГ = 0,47 л диз. топлива	1 л объема топливного бака для дизельного топлива соответствует 2,12 л объема криобака для СПГ

Свойства сжиженного природного газа

Способы обеспечения работы двигателя на газовом топливе

п.	Конструкция	Суть технического решения	Преимущества	Недостатки	Область применения
1	Переоборудование бензинового двигателя для работы на природном газе	К двигателю добавляется вторая топливная система с дополнительным комплектом форсунок для распределенной или одноточечной подачи газа. Бензиновая система сохраняется. Пуск двигателя обычно на бензине.	Сравнительно низкая цена модернизации, возможность использования резервного топлива (бензина)	Вариант подходит только для небольших двигателей, т.к. мощных бензиновых двигателей (тяжелые грузовики, автобусы) практически нет.	Легковые, легкие грузовые автомобили. Экономически оправдано только при большом остаточном ресурсе транспорта, чтобы модернизация окупилась.
2	Бензиновый двигатель, изначально спроектированный для работы на природном газе	То же, что вариант 1, но двигатель оптимизирован под работу на газовом топливе. Бензиновая система может быть (резервное топливо), а может и отсутствовать.	Улучшенные параметры двигателя (мощность, экономичность) по сравнению с вариантом 1. В т.ч. для тяжелой техники.	Повышенная цена. Невозможность переоборудования имеющейся техники, вариант подходит только для покупки нового транспорта.	Любые автомобили, речные суда. На автомобилях (автобусах) сопряжено с покупкой новой техники.
3	Переделка дизельного двигателя в газопоршневой	Глубокая модернизация двигателя, при которой заменяется головка блока цилиндров, топливная система, добавляется искровая система зажигания, в результате на основе конструкции дизельного двигателя создается газопоршневой, подобный варианту 1 или 2.	Возможность полного перевода мощного двигателя (грузовики, автобусы) на газовое топливо.	Дорогая модернизация, дороже, чем капитальный ремонт двигателя.	Ухудшаются динамики двигателя при достаточно больших затратах. Но в некоторых случаях может быть оправданным, если остаточный ресурс велик (покупка нового автомобиля невыгодна), а предполагаемая экономия на топливе окупится.
4	Переделка дизельного двигателя для работы в газодизельном режиме	К дизельному двигателю добавляется газотопливная система. Двигатель потребляет одновременно и дизельное топливо (20-40% по массе), и газ (60-80% по массе). Дизельное топливо необходимо для зажигания, т.к. степень сжатия, необходимая для самовоспламенения газа, очень высока.	Сравнительно невысокая стоимость модернизации мощного двигателя (грузовики, автобусы).	Необходимость в заметном количестве дизельного топлива. Ухудшение характеристик двигателя (крутящий момент). Повышенная, по сравнению с 1-3, токсичность выхлопа.	Вариант недорогой модернизации в случае, если остаточный ресурс техники велик. Серьезные ограничения применимости – ухудшение крутящего момента (особенно критично на спецтехнике), недостаточно сильная экономия на топливе.
5	Двигатель, изначально спроектированный как газодизельный	Что и вариант 4, но двигатель изначально оптимизирован под газодизельный режим, что позволяет снизить процент дизельного топлива («пилотное топливо») до 5-10%.	Повышенные характеристики двигателя (экономичность, мощность, крутящий момент) по сравнению с вариантами 3, 4.	Необходимость в дизельном топливе. Повышенная, по сравнению с 1-3, токсичность выхлопа.	Возможно, несколько лучшие характеристики на тяжелой технике по сравнению с вариантом 2. Но стоимость топлива и удобство эксплуатации - хуже.

Свойства сжиженного природного газа

Способы хранения газового топлива на транспорте

Вариант	Преимущества	Недостатки	Область применения
КПГ	Неограниченное время хранения. Отработанная, достаточно дешевая топливная аппаратура и баллоны.	Малый запас хода. Необходимость размещения большого количества баллонов на транспортном средстве. Большой вес топливной системы, хранение природного газа в баллонах под высоким давлением (200 атм). Психологическая неуверенность водителей и пассажиров (баллоны высокого давления воспринимаются как источник повышенной опасности). Длительный процесс заправки газа.	Легковые автомобили, легкие и средние грузовики с неопределенным дневным пробегом, автобусы со сравнительно небольшим удалением от места заправки (городской транспорт).
СПГ	Хороший запас хода в сочетании с низкой ценой топлива, небольшой вес топливной системы.	Время хранения топлива ограничено качеством теплоизоляции криобака. Слабо развита заправочная инфраструктура. Дорогое оборудование заправочных станций.	Магистральные автоперевозки, маршрутные автобусы, тяжелая техника, речные и морские суда, тепловозы, коммунальная техника. Важно обеспечить постоянство и прогнозируемость пробега транспорта.

Свойства сжиженного природного газа

Эффект использования СПГ

Экономический эффект от перехода от использования дизельного топлива на СПГ формируется за счет более низкой цены топлива. По статистическими данным, в зависимости от конструкции автомобиля и условий эксплуатации, можно приближенно принять простую закономерность – до «10 рублей экономии с 1 км пробега» или, в относительных единицах, около 60% по отношению к стоимости дизельного топлива.

Экологический эффект заключается в снижении дымности выхлопа и снижении выбросов парникового CO_2 на 10-12%.

Тут важно отметить, что использование СПГ сопряжено с незначительными, но важными выбросами природного газа (метана), который сам по себе является парниковым агентом, примерно в 25 раз сильнее, чем CO_2 . Эти выбросы обусловлены стравливаниями из топливной системы и неполным сгоранием метана, а также присутствуют выбросы и из заправочных станций. Более высокая парниковая активность метана приводит к тому, что малое количество выбросов природного газа может свести на нет эффект от снижения выбросов CO_2 . Таким образом, крайне важным становится обеспечение правильного распределения, хранения и заправки СПГ, чтобы потери «от СПГ-завода до выхлопной трубы» не

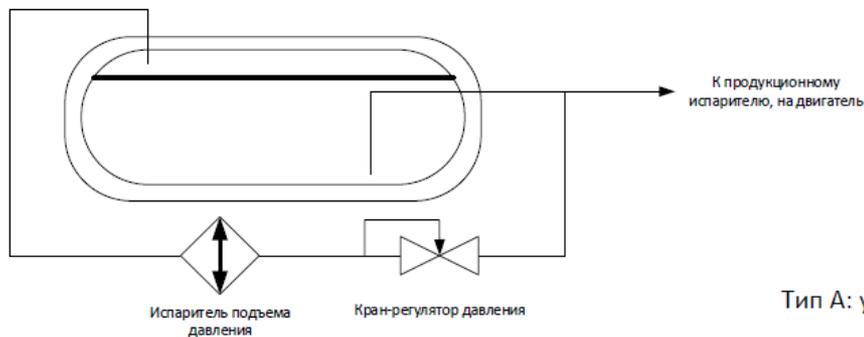
Свойства сжиженного природного газа

ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Под оптимальной инфраструктурой следует понимать такую организацию заправочных станций, которая приводит к наименьшим потерям СПГ, т.е., минимальным выбросам при хранении и заправке. В идеальном случае потерь не должно быть вовсе, кроме незначительных стравливаниях из заправочных рукавов при подключении автоцистерны-криовоза и заполнении емкости хранения. С другой стороны, по европейским материалам инфраструктурного проекта «Blue Corridors», при неоптимальной организации заправочных станций до 5% СПГ теряется на испарение. Этот наихудший вариант означает потерю с каждой тонны 50 кг СПГ, т. е. «удорожание» тонны заправленного СПГ на 925 руб. при цене 18500 руб/т и выброс газа, эквивалентного 1250 кг CO₂. Экологический эффект от перехода на газовое топливо обнуляется при «заправочных» выбросах более 325 кг эквивалента CO₂ на 1000 кг СПГ. Таким образом, для достижения экологического эффекта необходимо, чтобы выбросы в атмосферу при хранении и заправке составляли не более 1% от массы СПГ.

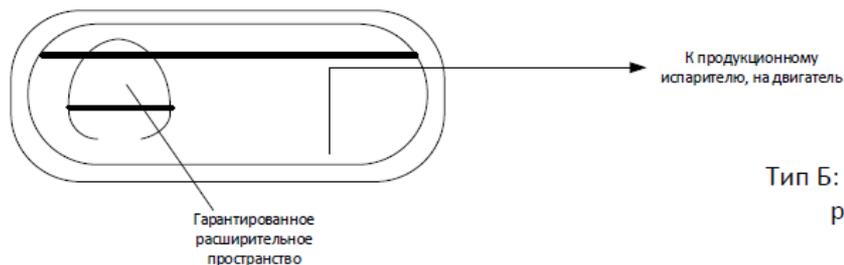
Свойства сжиженного природного газа

Виды топливных криобаков и требования к заправке



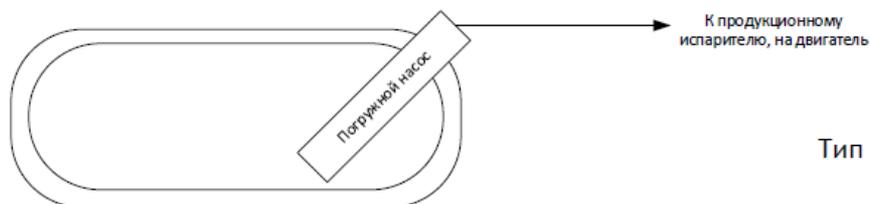
Тип А: универсальный бак-газификатор

Тип А – традиционная схема криоемкости - газификатора. В таком баке давление, необходимое для поступления СПГ в топливную систему, создается жидкостным испарителем. СПГ из нижней части бака самотеком поступает в испаритель, где нагревается теплом охлаждающей жидкости двигателя, испаряется и возвращается в верхнюю часть бака, повышая давление в нем. Степень повышения давления зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя, температуры СПГ и регулируется краном-регулятором.



Тип Б: теплый бак с гарантированным расширительным объемом

Тип Б – бак без внешнего испарителя, с гарантированным объемом для сжатых паров, образованным дополнительной внутренней емкостью, открытой снизу. При заправке в расширительном объеме образуется газовый пузырь, давление в котором и создает подпор необходимый для подачи топлива к двигателю. Чтобы этот подпор был достаточным, необходима заправка бака «теплым» СПГ под повышенным давлением.



Тип В: холодный бак с погружным крионасосом

Тип В – наиболее совершенный на данный момент тип КБТС, он оснащен встроенным погружным крионасосом, что позволяет подавать СПГ на двигатель вне зависимости от температуры и настройки регулятора.

Свойства сжиженного природного газа

Преимущества и недостатки типов КБТС

Тип	Преимущества	Недостатки
А	<p>Конструктивно простой и дешевый бак;</p> <p>Низкая чувствительность к температуре заправляемого СПГ, возможность настройки испарителя.</p>	<p>Наличие внешнего испарителя, подверженного загрязнению и возможным повреждениям при эксплуатации автомобиля;</p> <p>Необходимость настройки регулятора давления – повышенные требования к квалификации водителя;</p> <p>Необходимость ручных переключений в ходе эксплуатации: если оставить автомобиль надолго с открытым испарителем на баке, то давление в баке быстро повысится до срабатывания предохранительного клапана;</p> <p>Работа испарителя приводит к подогреву СПГ в баке, что сокращает длительность хранения.</p>
Б	<p>Простота в эксплуатации, не требуется настройка;</p> <p>Отсутствует внешний испаритель.</p>	<p>Высокая чувствительность к температуре заправляемого СПГ;</p> <p>Необходимость заправки под повышенным давлением;</p> <p>Несколько снижена вместимость бака и запас хода на одной заправке из-за пониженной плотности заправляемого СПГ.</p>
В	<p>Возможность заправки «холодным» СПГ, т.е. наибольшая вместимость бака и длительность хранения;</p> <p>Нечувствительность к параметрам СПГ и окружающего воздуха;</p> <p>Производительность подачи автоматически настраивается под режим работы двигателя</p>	<p>Наиболее сложная конструкция бака, включающая топливный насос;</p> <p>Сложность переоборудования старого автомобиля.</p>

Свойства сжиженного природного газа

Совместимость типов заправки и типов баков.

Вариант	Тип А	Тип Б	Тип В
Холодный СПГ	Нежелательно: потребуется заметное время (до 1-2 часов) работы испарителя, чтобы топливо начало поступать к двигателю с нужной производительностью, т.е. транспорт будет простаивать при заправке.	Недопустимо: топливо не будет поступать к двигателю с нужной производительностью, причем эту ситуацию невозможно исправить без длительного простоя (естественный прогрев) или стравливания бака и его заправки насыщенным СПГ	Норма
Насыщенный СПГ	Норма	Норма	Допустимо, хотя пробег на одной заправке будет понижен.

В итоге видим, что самым совершенным со всех точек зрения является тип В.

Тип А наиболее распространен, достаточно нетребователен к условиям заправки, но требует повышенной квалификации от водителя (механика), обслуживающего транспорт.

Тип Б – самый простой в эксплуатации, но одновременно и самый требовательный к условиям заправки.

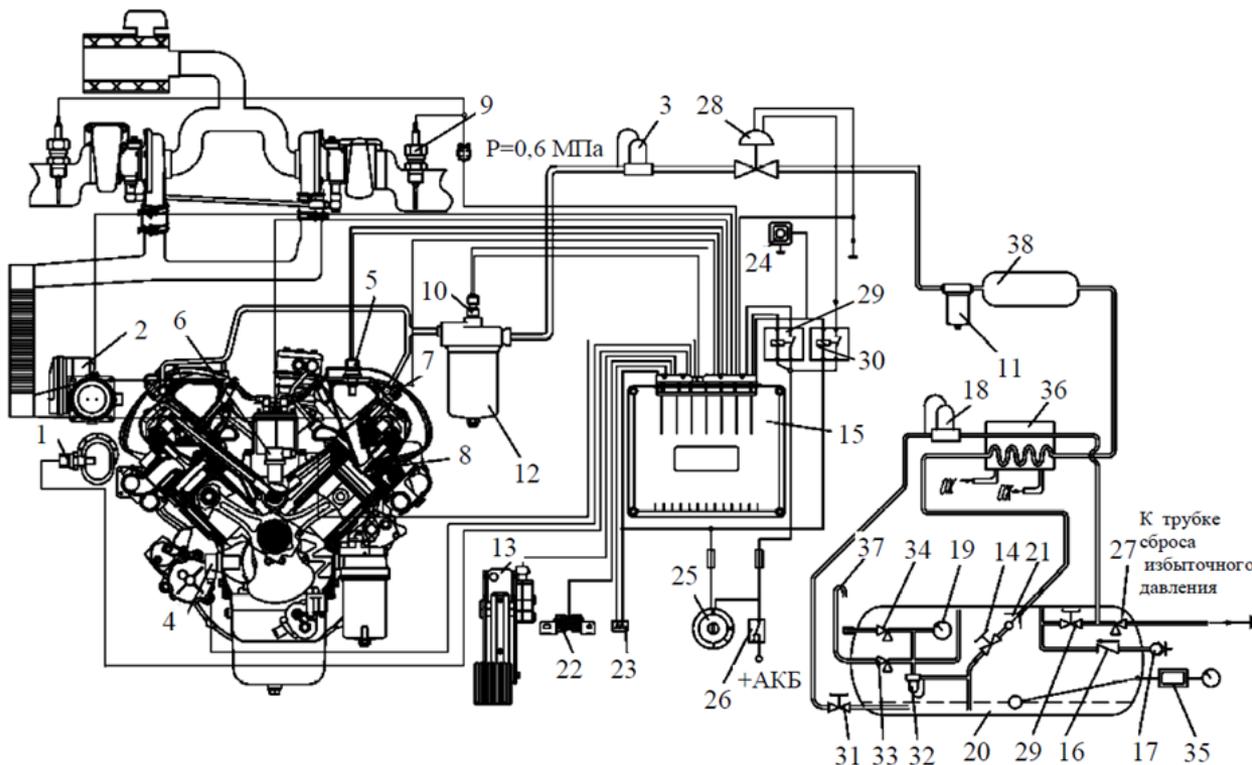
В настоящее время используются БКТ тип А.

Наиболее эффективно хранить СПГ в «холодном» виде, а заправлять, в зависимости от типов криобаков, в холодном или насыщенном виде.

Свойства природного газа

Система питания газового двигателя КАМАЗ

Схема криогенной бортовой топливной системы автомобиля КАМАЗ -65206



- 1 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 2 – узел дроссельной заслонки;
- 3 – редуктор давления;
- 4 – датчик синхронизации;
- 5 – датчик температуры и абсолютного давления воздуха;
- 6 – датчик фазы;
- 7 – форсунка газовая;
- 8 – свеча зажигания;
- 9 – датчик температуры выхлопных газов;
- 10 – датчик температуры и давления газа;
- 11 – фильтр газа высокого давления;
- 12 – газовый фильтр;
- 13 – электронная педаль;
- 14 – клапан отключения подачи топлива;
- 15 – электронный блок управления;
- 16 – обратный клапан заправки;
- 17 – заправочное устройство;
- 18 – регулятор избыточного давления;
- 19 – датчик давления топливного бака;
- 20 – бак топливный;
- 21 – клапан контроля перерасхода;
- 22 – колодка диагностическая;
- 23 – лампа диагностики;
- 24 – выключатель электромагнитного клапана;
- 25 – замок выключателя приборов и стартера;
- 26 – выключатель питания АКБ;
- 27 – стравливающий клапан;
- 28 – автоматический клапан отключения подачи топлива;
- 29 – главное реле;
- 30 – реле топливное;
- 31 – парозапорный клапан;
- 32 – регулятор давления;
- 33 – первичный предохранительный клапан;
- 34 – вторичный предохранительный клапан;
- 35 – прибор для измерения уровня топлива;
- 36 – теплообменник-испаритель;
- 37 – дренажное соединение;
- 38 – буферный резервуар газового топлива.

Свойства природного газа

Криогенная бортовая топливная система (КБТС)

В состав КБТС входит:

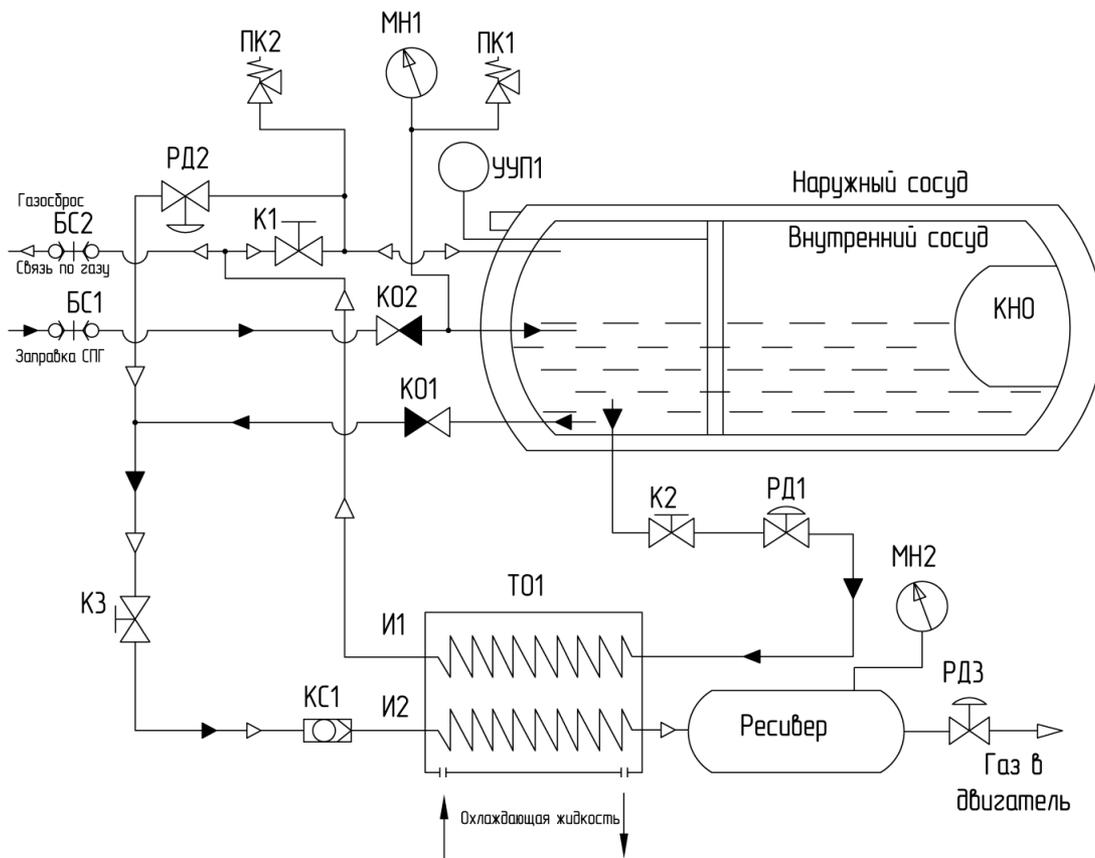
- БКТ;
- запорная и распределительная арматура;
- система обеспечения безопасности;
- система измерений параметров жидкой и газовой фазы;
- заправочное устройство;
- система регазификации СПГ;
- фильтры;
- комплект крепежных элементов;

БКТ включает:

- криогенный резервуар для хранения СПГ;
- запорную, предохранительную и распределительную арматуру;
- аппаратуру для измерения давления и уровня жидкости или ее количества в БКТ;
- скоростной клапан;
- трубопроводы технологической обвязки, включая трубопроводы наполнения, опорожнения, дренажа.

Свойства природного газа

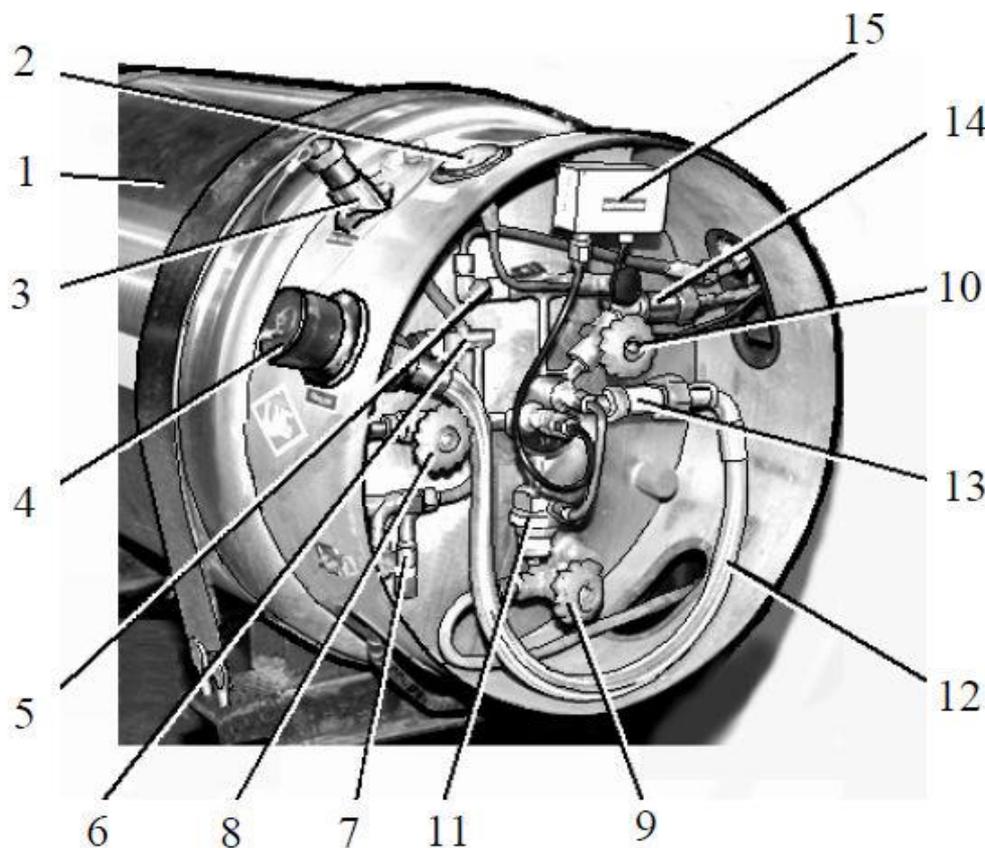
Общая схема бака с арматурным отсеком



- 1 ПК1 – предохранительный клапан первичный
1,72 МПа (17,5 кгс/см²)
- 2 ПК2 – предохранительный клапан вторичный
2,4 МПа (24,5 кгс/см²)
- 3 РД1 – регулятор давления испарителя наддува
- 4 РД2 – клапан экономайзер
- 5 РД3 – регулятор давления
- 6 МН1 – манометр бака
- 7 МН2 – манометр ресивера
- 8 УУП1 – указатель уровня
- 9 КНО – компенсатор незаполняемого объема
- 10 К1 – ручной запорный клапан газосброса
- 11 К2 – ручной запорный клапан испарителя наддува
- 12 К3 – ручной запорный клапан выдачи в двигатель
- 13 БС1 – быстроразъемное соединение заправочной горловины
- 14 БС2 – быстроразъемное соединение дренажной горловины
- 15 КО1 – клапан обратный линии питания двигателя
- 16 КО2 – клапан обратный линии заправки
- 17 КС1 – клапан ограничения потока (скоростной)
- 18 ТО1 – теплообменник жидкостный
- 19 И1 – испаритель наддува
- 20 И2 – испаритель подготовки газа в двигатель
- 21 – направление потока газовой фазы
- 22 – направление потока жидкой фазы

Свойства природного газа

Криогенный бак с арматурным отсеком



- 1 – Бак криогенный;
- 2 – манометр;
- 3 – заправочный штуцер для отвода газа;
- 4 - заправочное устройство;
- 5 - предохранительный клапан (срабатывает при давлении 1,72 МПа (17,54 кг/см²));
- 6 - предохранительный клапан (срабатывает при давлении 2,41 МПа (24,6 кг/см²));
- 7 - предохранительный клапан (срабатывает при давлении 2,41 МПа (24,6 кг/см²). Для отдельных комплектаций автомобилей);
- 8 - ручной вентиль, предназначен для перекрытия возврата природного газа из испарителя в бак;
- 9 - ручной вентиль, предназначен для перекрытия подачи сжиженного природного газа в испаритель;
- 10 - ручной вентиль, предназначен для перекрытия подачи природного газа в испаритель;
- 11 – экономайзер (регулятор давления);
- 12 – гибкий топливопровод;
- 13 – обратный клапан;
- 14 – скоростной клапан перелива;
- 15 – преобразователь уровнемера.

Криогенный бак имеет механизм защиты от переполнения при заправке, предотвращающий перелив бака более чем на 90 % от его внутреннего объема.

Свойства природного газа

Зачем переходить на альтернативное топливо?

Потому что это

1. Экологично

2. Безопасно

3. Экономично

