

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Энергетические машины и системы управления

(кафедра)

13.04.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Поршневые и комбинированные двигатели

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Предпосылки и анализ использования водородонасыщенного природного газа на транспорте г. Тольятти

Студент

Алексей Вячеславович Шульпин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Леонид Никитович Бортников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель магистерской

программы

доктор техн. наук, профессор, А. П. Шайкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой канд. техн. наук, доцент, Д. А. Павлов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Перспективы использования природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте	7
1.1 История развития применения природного газа.....	7
1.2. Преимущество сжатого природного газа над другими альтернативными видами топлива	10
1.3 Государственные меры стимулирования перехода на сжатый природный газ.....	12
1.3.1 Организационные меры стимулирования.....	12
1.3.2 Меры финансирования	13
1.3.3 Меры стимулирования в приобретении, изготовлении и переоборудованию транспортных средств в Российской Федерации	14
1.4 Предпосылки использования природного газа в городском округе Тольятти ..	19
1.4.1 Экологическое состояние территорий Самарской области	19
1.4.2 Краткие сведения о транспортной инфраструктуре городского округа Тольятти	23
Глава 2. Добавки водорода в сжатый природный газ	33
Глава 3. Водородонасыщение природного газа на автомобильной газонаполнительной компрессионной станции	42
3.1 Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции	42
3.2.1 Линия всасывания компрессора	44
3.2.2 Система сжатия природного газа	47
3.2.3 Система осушки природного газа.....	48
3.2.4 На линиях дренажа установлены:.....	49
3.2.5 Линия заправки автомобилей сжатым газом.....	50
3.2.6 Линия сброса давления	51
3.2.7 Аккумулятор газа	51
3.2.8 Система автоматического управления АГНКС	52

3.2.9 Система охлаждения компрессора	54
3.2.10 Дополнительные системы используемые на АГНКС.....	54
3.2.11 Распределительная колонка	55
3.3 Заправка компримированного природного газа на автомобильной газозаправочной станции	56
3.3.1 Традиционный способ заправки.....	56
3.3.2 Процесс заправки баллона.....	58
3.3.3 Современная технология заправки транспорта.....	59
3.4 Эксплуатация АГНКС. Нормы технологического режима работы оборудования	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Проблема воздействия транспорта на окружающую среду – одна из наиболее актуальных на сегодняшний день. Во многих городах передвижные источники выбросов в атмосферу – (автомобильный транспорт, дорожно-строительная, сельскохозяйственная техника и др.) является основным источником загрязнения окружающей среды, негативное влияние которого усугубляется тем, что отработавшие газы поступают в приземный слой воздуха, неблагоприятно воздействуя на человека [1].

Факторами, влияющими на величину негативного воздействия, на окружающую среду, является состав и возраст автомобильного парка. Они выступают косвенными показателями потребления топлива и запчастей, продуцирования отходов. Состав и возраст парка помогают оценить технические параметры потребности в топливе (грузовые автомобили и автобусы потребляют больше топлива, имеют больший пробег, чем легковые автомобили; возрастные автомобили имеют больший расход топлива на 100 км пробега, чем новые). Экологический класс транспортных средств со сроком эксплуатации более 10 лет, как правило, соответствует Евро 0: такие автомобили имеют выбросы загрязняющих веществ в 5-10 раз больше, чем автотранспорт с экологическим классом Евро 3 и выше [2].

Отсутствие денег в бюджете Российской Федерации для регулярного обновления транспортных средств и высокая загрязненность окружающей среды в настоящее время являются актуальными проблемами, поэтому необходимо разрабатывать эффективных мероприятия, нацеленные на использование более экологичных и в тоже время экономичных видов топлива.

В настоящее время из большого разнообразия видов альтернативных топлив перспективным является применение природного газа, в виду функционирующей инфраструктуры и поддержки Правительства РФ различными льготами при производстве и эксплуатации газобаллонных автомобилей[3]. Установление цены на газомоторное топливо ниже, чем на бензин, также способствует скорейшему

переходу на данный вид топлива. Также не стоит забывать, что Россия является крупнейшей газовой державой мира с самыми большими запасами природного газа.

Также одним из перспективных видов альтернативного топлива является водород. Водород как моторное топливо имеет ряд свойств, которые позволяют повысить эффективность рабочего процесса двигателей с искровым зажиганием, значительно повысить экономичность и радикально уменьшить токсичность отработавших газов [8,12]. Одним из основных сдерживающих факторов широкого применения водорода в ДВС является его высокая цена при производстве и хранении. Поэтому сегодня экономически нет возможности перевести автомобильный транспорт на водород. Однако есть возможность улучшить свойства топлив за счёт добавки водорода [7,12].

Цель работы: провести анализ возможности применения водородонасыщенного природного газа на транспорте городского округа Тольятти.

Достижение поставленной цели обеспечивается при решении **следующих основных задач:**

- определение перспективы использования природного газа, как моторное топливо на транспорте;
- анализ наличия газомоторной техники в городе и возможные перспективы её приобретения;
- анализ технологий конверсии природного газа и определение возможности её применения на автомобильной газонаполнительной компрессионной станции (АГНКС);
- анализ предъявляемых требований к строительству АГНКС;
- определение технико-экономических показателей, проектируемой АГНКС.

Научная новизна диссертационной работы заключается в системном исследовании обосновании применения водородонасыщенного природного газа на транспорте города Тольятти с целью улучшения экологической ситуации в городе.

Практическая ценность состоит:

- обосновании целесообразности использования водородонасыщенного природного газа в городском округе Тольятти;

– обоснование применения определённого вида конверсии водорода из природного газа;

Теоретической и методологической основой работы стали: законодательные и нормативно-правовые акты РФ, научные труды, литература современных ученых, на основании литературных данных был произведён расчет автомобильной газонаполнительной компрессионной станции.

Объем и структура работы: магистерская диссертация состоит из 78 страниц, содержит 27 рисунков, 4 таблиц, и 75 источников.

Глава 1. Перспективы использования природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте

1.1 История развития применения природного газа

Интерес к применению газообразных топлив был высок во все времена. Промышленное производство газа было организовано в конце XVIII – начале XIX века, когда независимо друг от друга во Франции (Ф. Лебон) и в Австрии (Г. Мердак) применили газ, получивший затем название «светильный», для освещения улиц, а также жилых и фабричных зданий (светильный или городской газ получали пиролизом различных фракций нефти) [6]. В 1801 году Ф. Леон предложил использовать светильный газ, а в 1861 году француз Ж. Ленуар создал двигатель внутреннего сгорания, работавший на светильном газе и стал использовать его в качестве топлива. Газ в то время хранился при атмосферном давлении. Первые попытки компримирования (сжатия) светильного газа были предприняты в 1856 году, во Франции, а в 1872 году там же светильный газ попытались использовать на транспорте в ДВС. Однако технические средства были тогда весьма несовершенными (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Автомобиль, работающий на природном газе

Эти работы возродились в 1915–1916 годах тогда на транспорте начали использоваться не только светильный, но и природный газ. Систематические и достаточно широкие работы по переводу автотранспорта на компримированный газ развернулись после 1925 года, многочисленные опыты дали такие положительные результаты, что вскоре в европейских странах начали крупносерийное производство газобаллонных автомобилей и строительство газонаполнительных станций, где газ сжимали до 20 МПа и подавали в баллоны, установленные на автомобилях [5]. В этот период компримированный газ стал использоваться в качестве автомобильного топлива во Франции, в Германии, Дании, Румынии, Югославии, Норвегии, Швеции, Финляндии, Италии. Наибольших успехов добились в Италии, где использовали в основном природный газ (в 1940 году – около 50 млн. м³) для питания грузовых автомобилей и автобусов. В послевоенный период в Италии большое число автомобилей было оснащено сменными баллонами, т.е. на станциях осуществлялась не заправка, а замена баллонов.



Рисунок 1.2 – Легковой автомобиль марки Citroens газовой аппаратурой

Необходимо отметить, что основная масса бензина, выпускавшегося в 30–40-х годах в европейских странах, имела октановое число 60–70 единиц. Поэтому использование светильного и природного газа с октановым числом выше 80 единиц давало возможность существенно форсировать двигатели. Интерес к использованию

природного газа на транспорте резко возрос в период мирового энергетического кризиса семидесятых годов. На сегодняшний день наибольшее распространение автомобили, работающие на газе, получили в таких европейских странах, как Италия, Голландия, Франция, Польша[6].

В России это направление стало развиваться с 30-х годов, когда из-за дефицита нефти при бурно развивающейся промышленности правительство приняло решение перевести часть транспорта на газ[9]. Соответствующее постановление вышло в 1936 году. Был налажен выпуск техники, открыты заправки, начались разработки газовых двигателей, причем использовались оба вида газа - компримированный и углеводородный. Полномасштабной реализации программы помешала Великая Отечественная война. Тем не менее, от замысла не отказались: уже в мирное время были спроектированы и переданы в производство новые газобаллонные автомобили, число которых достигло 40 тыс. Для них строились десятки газозаправочных станций. Когда были открыты крупнейшие запасы углеводородов Западной Сибири и страна вступила в эпоху нефтяного изобилия, внимание к программе создания газобаллонного транспорта ослабло, хотя работы продолжались. В 80-е годы всерьез заговорили об экономии, и газ опять взял реванш. К 1985 году вышли три постановления Совмина о массовом переводе крупных потребителей топлива на газ. За пять следующих лет были построены около 500 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, на КПГ переведено до 0,5 млн. единиц автотранспорта[2]. Координацией работы занимался межведомственный совет при Министерстве газовой промышленности под председательством В. Черномырдина. Начавшаяся в 90-е годы приватизация привела к исчезновению крупных автохозяйств; в частные руки перешла значительная часть муниципального транспорта. И хотя в это же время отмечалось падение добычи нефти (с 624 млн. т в 1988 г. до 281 млн. т в 1997 г.), из-за сокращения количества потребителей дефицит нефтепродуктов не возник. В результате бензин и дизтопливо сохранили рыночные позиции. Новый подъем рынка газомоторного топлива в России начался с 1998 года, когда резко увеличился спрос на компримированный природный газ.

1.2. Преимущество компримированного природного газа над другими альтернативными видами топлива

С тех пор как в 1860 году был сконструирован первый двигатель внутреннего сгорания на светильном газе, мировой рынок транспорта, работающего на газомоторном топливе, стремительно развивается. Эта тенденция обусловлена тем, что за счет использования газа решаются проблемы экологии и дефицита обычного моторного топлива. Можно перечислить целый ряд преимуществ перевода автомобильного транспорта России на компримированный природный газ:

– компримированный природный газ является самым экологически чистым из всех известных углеводородных видов моторного топлива. При сжигании газа выбросы оксида углерода сокращаются в 5–10 раз, окислов азота – в 1,5–2 раза, углеводородов в 2–3 раза, по сравнению с бензиновым двигателем. Данные показатели говорят о том, что при эксплуатации транспорта на сжатом газе соблюдаются все экологические нормы, предусмотренные Европейской экономической комиссией ООН [10];

– использование компримированный природный газ обеспечивает высокую степень защищённости этого процесса взрыва при утечках и их последствий. Это обусловлено физико-химическими свойствами метана: метан легче воздуха, и в случае утечки он тут же улетучивается, тем самым снижая риск возгорания; температурный порог самовоспламенения и взрываемости у природного газа значительно выше, чем у автомобильного бензина. Последний в случае утечки скапливается в нижних частях транспортного средства, образуя взрывоопасную смесь с воздухом. Чтобы такая смесь воспламенилась достаточно статического электричества, и в результате автомобиль может быть полностью уничтожен. Наглядно данное преимущество показано на рисунке 1.3;

– одним из основных преимуществ для автовладельцев является низкая цена на компримированный газ. Она определяется лишь затратами на добычу и транспортировку до заправочной станции, так как добытый газ практически не нуждается в переработке.



Рисунок 1.3 – Схема возгорания топлива в автомобиле

– газомоторное топливо положительно влияет на технические характеристики двигателя. По данным Государственного научно-исследовательского института автомобильного транспорта, при использовании КПГ повышается срок службы моторного масла, результатом чего служит уменьшение его расхода в среднем на 10–15 % по сравнению с двигателями, работающими на бензине. Снижение нагара в цилиндре и на поршне увеличивает ресурс двигателя на 35–40 %. Срок службы свечей зажигания увеличивается на 40 % [10];

– для перевода автомобильного транспортного средства на метан не требуется существенных изменений в конструкции двигателя;

– к настоящему моменту в мире накопился положительный опыт по использованию компримированного природного газа в качестве газомоторного топлива.

1.3 Государственные меры стимулирования перехода на сжатый природный газ

Во многих странах, где сжатый природный газ используется в качестве моторного топлива, применяются различные виды стимулирования, включающие в себя меры поощрения и меры принуждения. При этом в ряде стран с развитой рыночной системой экономических взаимоотношений на государственном и региональном уровнях приняты нормы прямого действия, способствующие расширению использования природного газа на транспорте. Меры стимулирования, применяемые в различных странах мира в отношении природного газа, можно условно разделить на организационные и финансовые. Следует особо подчеркнуть, что перечисленные далее меры могут применяться на любом уровне власти.

1.3.1 Организационные меры стимулирования

В различных странах мира к организационным мерам относятся следующие стимулирующие меры [17]:

- в Бразилии, Египте, Корее и Пакистане введен запрет на использование дизельного топлива на автомобилях малой и средней грузоподъемности/пассажировместимости;
- на муниципальных предприятиях Франции, осуществляющих перевозки пассажиров и уборку городов в виде моторного топлива разрешено использовать только сжатый природный газ;
- в Италии запрещено строительство автозаправочной станции АЗС без оборудованного блока заправки автомобилей КПП;
- в Италии, Японии, Пакистане и Дании запрещено эксплуатировать автомобили, работающие на бензиновом и дизельном топливе в черте населенных пунктов и въезжать в природоохранные зоны [14,15];
- в Бангладеш на автомобили, работающие на КПП не распространяются ограничения максимального возраста автомобиля;

– во Франции, Италии, Германии, Греции, Китае на автомобили, применяющие сжатый природный газ в качестве топлива не распространяются ограничения движения по временам года, четным и нечетным дням, будним или выходным дням, времени суток;

– в США при обновлении подвижного состава, бюджетные организации обязаны приобретать автомобили, работающие на сжатом природном газе;

– в Хорватии предприятия освобождаются от прохождения ежегодного обязательного экологического тестирования;

– в США и Швеции водителям предоставляется право проезда по полосам ограниченного автомобильного движения;

– в Германии водителям предоставляется возможность осуществлять внеочередную посадку/высадку пассажиров в аэропортах;

– предприятиям в Италии, Франции и Иране использующим КПП, предоставляется преимущественного права на получение муниципального заказа.

1.3.2 Меры финансирования

Финансовые меры стимулирования использования природного газа в качестве моторного топлива также имеют достаточно широкий спектр. Они в основном сводятся к уменьшению размеров сборов в бюджеты различных уровней, полному или частичному освобождению от них или к дополнительным выплатам из бюджетов. В настоящее время в различных странах мира действуют следующие финансовые льготы [15,16]:

– в Австралии, Великобритании, Канаде, Малайзии и Японии физическим и юридическим лицам предоставляются различные гранты и дотации на приобретение автомобилей, работающих на сжатом природном газе (в зависимости от класса приобретаемой техники), газобаллонного оборудования и строительство АГНКС;

- в Италии и Германия предусмотрена единовременная выплата в виде премии с целью дальнейшего оснащения автомобиля оборудованием для работы на компримированном природном газе. В Италии также предусмотрена компенсация банковских процентов по кредиту на переоборудование техники для работы на КПП;
- компенсация части затрат на переоборудование автомобилей для работы на КПП (Германия, Италия, Россия)[16];
- компенсация части затрат на покупку новых автомобилей, работающих на КПП, строительство АГНКС (Германия, Италия, Россия);
- ограничение предельной оптовой цены на сырьевой газ для АГНКС (Россия);
- ограничение предельной розничной цены на КПП (Малайзия, Россия);

1.3.3 Меры стимулирования в приобретении, изготовлении и переоборудованию транспортных средств в Российской Федерации

На основании пункта 1.3.2 настоящей работы можно сделать вывод, что правительством Российской Федерации в настоящее время предусмотрено лишь часть мер направленных на скорейший переход техники на газобаллонное оборудование и повышению развития рынка газомоторного топлива. Также по утверждению ООО «Газпром» в Российской Федерации органы управления декларируют поддержку концепции перевода части транспорта на метан, но на практике вставляют палки в колеса и создают искусственные препятствия внедрению природного газа в качестве моторного топлива. Так, к примеру, при прохождении государственного технического осмотра в некоторых региональных подразделениях ГИБДД к газобаллонным автотранспортным средствам, работающим на природном газе, предъявляются требования, не предусмотренные техническими условиями, входящими в «Сборник нормативных и методических документов по переводу автотранспортных средств на газовое топливо». Территориальные налоговые инспекции ряда регионов, ссылаясь на Постановление Правительства РФ № 31 от 15.01.1993 г., требуют от владельцев АГНКС

устанавливать цену на КПП строго на уровне 50% от стоимости бензина А-76. При этом суть постановления искажается, поскольку оно устанавливает «предельную отпускную цену на сжатый природный газ» (именно так записано в постановлении). Другими словами, цена КПП не может быть выше предельно-допустимой, но может быть ниже ее. Еще дальше пошла Федеральная антимонопольная служба по Ставропольскому краю. По их мнению, подготовленный проект краевого закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива в Ставропольском крае» противоречит Закону России «О конкуренции и ограничении монополистической деятельности на товарных рынках». Доводы, основанные на отечественном и зарубежном опыте, на поручениях Президента и Правительства Российской Федерации и решениях «большой восьмерки», нацеленные на обеспечение энергетической и экологической безопасности, руководством этой службы не восприняты[24].

Сегодня развитие рынка газомоторного топлива – государственная задача, отмечают в ООО «Газпром газомоторное топливо». Во исполнение перечня поручений, данного президентом России правительству в прошлом году, 14 ноября 2013 года был утверждён комплексный план мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. В настоящее время готовится к утверждению проект свода правил «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности». Кроме того, на стадии разработки и согласования находятся следующие документы:

- проект федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»;

- проект федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций газомоторного топлива»;

- проект постановления главного государственного санитарного врача РФ «Изменения №4 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»

– также готовятся изменения в Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и предложения по внесению изменений в Земельный кодекс Российской Федерации.

Нельзя не отметить, что развитие рынка газомоторного топлива на территории России происходит неравномерно, потому что очень многое зависит от условий, в которых находятся регионы, в частности от уровня их газификации. На основании анализа ООО «Газпром Трансгаз» на первом этапе, которого запрашивалась информация из администраций субъектов РФ о складывающейся ситуации со строительством АГНКС и переводом автотранспорта на КПГ. В Амурской области программы развития рынка газомоторного топлива на данный момент отсутствуют, а следовательно и стимулирующие меры по использованию природного газа в качестве моторного топлива также отсутствуют. Основная причина этому – нет централизованного газоснабжения. Не газифицирована также и Магаданская область. В Воронежской области на компримированный природный газ активно переводят пассажирские автобусы. В Иркутской – газомоторное топливо развивают главным образом в Братске, где действует АГНКС на базе Братского газоконденсатного месторождения. Активные шаги в этом направлении предпринимает и Омская область, которая ведёт переговоры с ООО «Газпром газомоторное топливо» о строительстве пяти АГНКС. После ввода их в эксплуатацию планируется закупка автобусов на газе. Прекрасные возможности для перевода транспорта на «голубое топливо» видит руководство Рязанской области. В настоящее время в регионе функционируют только пять АГНКС (три – в Рязани, обслуживают около 850 автомобилей, одна – в Касимове, около 170 автомобилей, одна – в Рязске, около 60 автомобилей). В 2014 году при участии ООО «Газпром газомоторное топливо» планируется организовать автомобильные газонаполнительные компрессионные станции в Михайлове, Новомичуринске, Шацке, Сасово. Кроме того, в Кораблинском, Пронском, Шацком, Спасском и Старожиловском районах области активно используются передвижные автомобильные газовые заправочные станции (ПАГЗ). Вместе с тем, считают в регионе, существенным препятствием на пути приобретения автобусов на КПГ

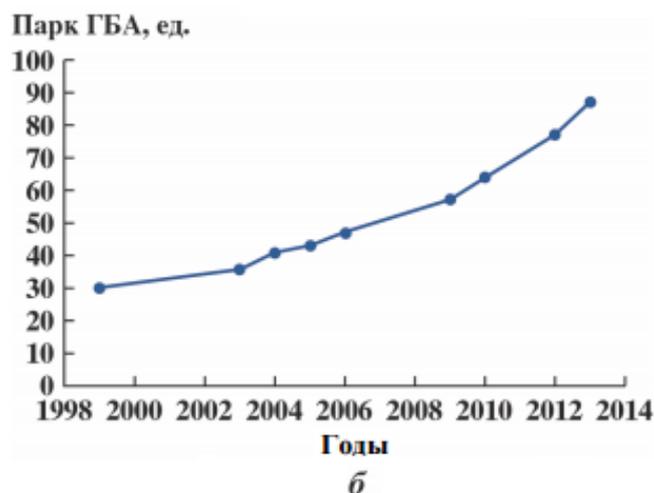
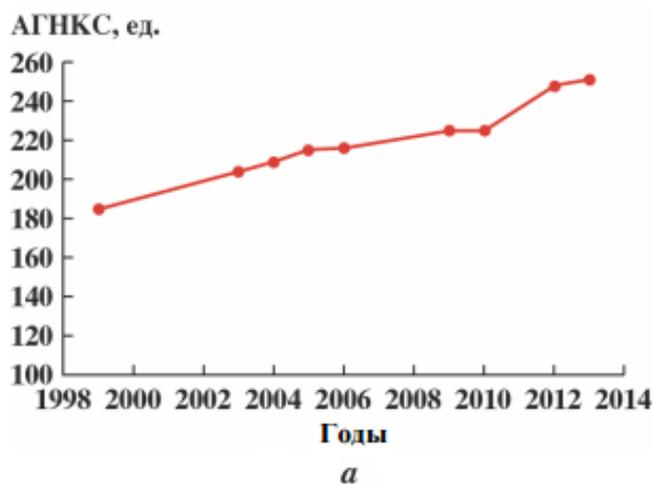
является их цена. Автобус марки «ЛиАЗ» с газовым двигателем стоит на 1 450 тыс. рублей дороже аналогичного по техническим характеристикам дизельного пассажирского автобуса того же производителя. При этом период его окупаемости составляет пять лет при сроке эксплуатации в десять лет. Отсутствует инфраструктура АГНКС и в Тамбовской области. Однако в регионе сформирована специальная рабочая группа, занимающаяся вопросами применения КПП в качестве топлива для автомобилей. Созданы проектные группы, перед которыми поставлена задача до конца текущего года разработать и начать строительство четырёх АГНКС. В ближайшие несколько лет количество таких заправок по утверждению администрации должно вырасти до 12 единиц. В Челябинской области планируют увеличить количество пассажирского транспорта и коммунальной техники на природном газе в столице региона, а также в Магнитогорске, Златоусте и Копейске. При этом строительство АГНКС и многотопливных АГНКС обеспечит ООО «Газпром газомоторное топливо». Согласно инвестиционной программе компании на 2014 год, две новые АГНКС в ближайшее время появятся в Магнитогорске и Златоусте. На данный момент в области работают 9 АГНКС ОАО «Газпром», в Челябинске курсируют 30 автобусов на природном газе. Правительство Самарской области разрабатывает государственную программу по развитию рынка газомоторного топлива на 2014-2020 годы, в рамках которой предполагается обновление муниципальных автопарков за счёт покупки транспорта на природном газе. За создание газомоторной инфраструктуры здесь также отвечает «Газпром газомоторное топливо». Сейчас на территории области действуют пять АГНКС, одна многотопливная автозаправочная станция и три мобильных газозаправщика ОАО «Газпром» (в Сергиевске, Тольятти, Отрадном, Красноармейске и п. Павловка). Развивать данное направление планирует и правительство Нижегородской области, подписавшее соглашение с ООО «Газпром газомоторное топливо» о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. Как и в других регионах, компания займётся обеспечением соответствующей инфраструктуры. Пилотный проект по переводу транспорта на газ реализуется в Нижегородской области с 2011 года. Сейчас 25% общественного

транспорта ездит на метане, заправка техники осуществляется на трёх АГНКС ОАО «Газпром» (две расположены в Нижнем Новгороде, одна – в Дзержинске). В Санкт-Петербурге сегодня ГУП «Пассажиравтотранс» располагает 45 автобусами, работающими на компримированном газе, которые были закуплены в прошлом году. Заправка техники пока производится на единственной АГНКС на Пулковском шоссе.

Разработка различных постановлений, программ, создаваемых на федеральном, региональном и местном уровнях, меры стимулирования покупки газобаллонной техники и эффективность исполнения данных нормативно-правовых актов – важное условие перевода автотранспорта на газомоторное топливо (ГМТ).

Государственная политика Российской Федерации в сфере внедрения газомоторной техники направлена на решение задач обеспечения структурных сдвигов в экономике страны, создания инновационных источников долговременного роста и повышения конкурентоспособности отраслей экономики за счёт перехода всех видов транспорта и техники специального назначения на использование более дешёвого и «экологичного» топлива, стимулирующего модернизацию и качественное обновление технологий в отраслях транспортного, дорожно-коммунального и сельскохозяйственного машиностроения, создание современной газотранспортной и сервисной инфраструктуры, развитие научно-технического потенциала страны. [8]

Рост числа АГНКС и автомобилей, работающих на компримированном газе с 1999 года устойчив (рисунок 1.4). Однако страна, обладающая уникальными запасами природного газа и имеющая мощную сеть магистрального и распределительного трубопровода, существенно отстает от мировых лидеров по реализации КПП в качестве газомоторного топлива. Так, в настоящее время вклад России в общее количество газобаллонных автомобилей составляет 0,5 %. Мы отстаем от лидера по парку автомобильных газонаполнительных компрессорных станций Пакистана более чем в 13 раз.



а - количество АГНКС, б – количество автомобилей, работающих на ГБО

Рисунок 1.4 – Диаграмма роста числа АГНКС и автомобилей работающих на компримированном природном газе:

1.4 Предпосылки использования природного газа в городском округе Тольятти

1.4.1 Экологическое состояние территорий Самарской области

Самарская область входит в состав Приволжского федерального округа и занимает площадь 53,6 тысячи кв. км, что составляет 0,31% территории России. Протяженность территории с севера на юг – 335 км, с запада на восток – 315 км. Граничит на западе с Ульяновской областью, на севере – с Республикой Татарстан, на востоке – с Оренбургской областью, на юго-западе – с Саратовской областью, в самой южной точке – с Республикой Казахстан (рисунок 1.5).

Самарская область делится на 10 городских округов (Самара – областной центр, Тольятти, Сызрань, Новокуйбышевск, Чапаевск, Отрадный, Жигулевск, Октябрьск, Кинель, Похвистнево) и 27 муниципальных районов (Алексеевский, Безенчукский, Богатовский, Большеглушицкий, Большечерниговский, Борский, Волжский, Елховский, Исаклинский, Камышлинский, Кинельский, Кинель-Черкасский, Клявлинский, Кошкинский, Красноармейский, Красноярский, Нефтегорский, Пестравский, Похвистневский, Приволжский, Сергиевский, Ставропольский, Сызранский, Хворостянский, Челно-Вершинский, Шенталинский, Шигонский).



Рисунок 1.5 - Самарская область на карте Приволжского федерального округа

В Самарской области сложилась высокоразвитая промышленность, что обусловлено особенностями географического положения, уникальными, по ряду факторов, природными условиями, развитостью системы расселения и инженерно-транспортной инфраструктуры. Размещение объектов промышленного комплекса на территории Самарской области теснейшим образом взаимосвязано с расселением и транспортной инфраструктурой, которые наиболее плотно расположены в средней части территории Самарской области, особенно в зоне Саратовского водохранилища.

Из отчета государственного унитарного предприятия институт «ТеррНИИГражданпроект» за 2006 г. «Экологический аспект в составе «положений о территориальном планировании Самарской области» можно сделать вывод, что автотранспорт— единственная позиция, по которой выбросы из года в год растут.

Так к примеру в городском округе Тольятти в худшую сторону меняется пропорция, определяющая вклад источников загрязнения. Если в 1988 году в период активного развития градообразующей базы доля загрязняющих веществ,

образуемых промышленными предприятиями и энергетическими объектами, составляла 71%, а валовые выбросы автотранспорта – 29% , то в 2004 году было выброшено 53,8 тыс. т.автотранспортных загрязнений, а их доля достигла 59%, что и обуславливает необходимость снижения данных загрязнений

Проблема воздействия транспорта на окружающую среду – одна из наиболее актуальных на сегодняшний день. Во многих городах автомобильный транспорт является основным источником загрязнения окружающей среды в целом и атмосферного воздуха в частности. На сегодняшний день к одним из городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха является город Тольятти. Последние годы выбросы автомобильного транспорта являются одним из основных источников выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн нашего города. Многие тысячи автомобилей заполнили улицы города, то и дело возникают многокилометровые «пробки», без толку сжигается горючее, воздух отравляется ядовитыми выхлопными газами, которые превышают суммарные выбросы промышленных предприятий. Автомобильные выхлопные газы – смесь примерно 200 веществ. Наиболее опасными и выделяемые в большом количестве являются оксид углерода, формальдегид, диоксид азота и бенз(а)пирен. Все они очень вредно влияют на здоровье человека, снижают его работоспособность, повышают утомляемость, нарушают дыхательную функцию человека, отрицательно действуют на нервную систему, нарушают обменные процессы. Самым опасным из этих вредных веществ является бенз(а)пирен – канцерогенное вещество, провоцирующее онкологические заболевания.

По данным наблюдений, проведенных сетевыми подразделениями Федерального государственного бюджетного учреждения «Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», на территории Самарской области с 2010 по 2012 год наблюдался подъем общего объема выбросов в атмосферу от транспортных средств и в 2012 году составил 348,4 тыс. тонн (рисунок 1.6).

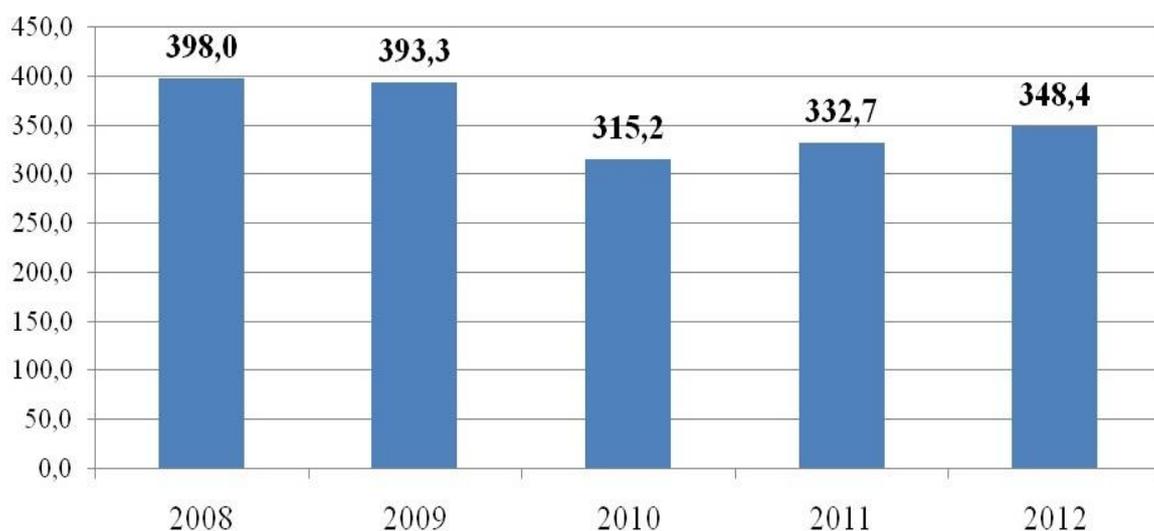


Рисунок 1.6 – Динамика валовых выбросов в атмосферу по Самарской области за 2008-2012 годы (передвижные источники), тыс. тонн

В таблице 1.1 приведена характеристика выбросов от автотранспорта в воздушный бассейн Самарской области. Замеры проводились в 2012 году.

Таблица 1.1 – Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта, зарегистрированного в Самарской области

Объем выбросов загрязняющих веществ, тыс. тонн/год						
Двуокись серы	Оксиды азота	Летучие органические	Оксид углерода	Твердые	Прочие	Всего
2,8	47,3	33,9	260,9	1,4	2,1	348,4

В отличие от бензина и дизельного топлива природный газ сгорает со значительно меньшими выбросами в атмосферу. Замена бензина природным газом обеспечивает снижение выброса окиси углерода в 2–3 раза, углеводорода – в 2 раза, оксида азота – в 1,5 раза.

По состоянию на 01.01.2014 в Самарской области зарегистрировано 1 199,6 тыс. единиц автотранспортных средств, из которых легковых автомобилей – 940,9 тыс. единиц, грузовых автомобилей – 118,1 тыс. единиц, автобусов – 33,5 тыс. единиц. Наибольшая концентрация автотранспортных средств наблюдается в городских округах Самара (393,5 тыс. единиц), Тольятти (259,6 тыс. единиц),

Сызрань (48,1 тыс. единиц), Новокуйбышевск (34,4 тыс.единиц) и муниципальных районах, близких к городским округам, –Ставропольский (31,1 тыс.единиц), Кинельский (29,1 тыс. единиц), Волжский (27,8 тыс.единиц), Красноярский (20,9 тыс. единиц) и других.

Учитывая ежегодное увеличение автомобильного парка в Самарской области, расширение использования природного газа как высококачественного моторного топлива с улучшенными экологическими характеристиками может стать эффективной мерой по повышению экономической эффективности эксплуатации транспортных средств и снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

1.4.2 Краткие сведения о транспортной инфраструктуре городского округа Тольятти

В настоящее время в городском округе Тольятти, автобусами большой и особо большой вместимости муниципального предприятия «Тольяттинское пассажирское автотранспортное предприятие №3» (далее – МП «ТПАТП №3») в количестве 332 ед. осуществляются перевозки по муниципальным маршрутам регулярных перевозок.

МП «ТПАТП №3» ежедневно осуществляет пассажирские перевозки по 16 внутри муниципальным маршрутам автобусами в количестве 130 ед.

Дополнительно в период с апреля по октябрь организована работа маршрутов на садово-дачные массивы (12 маршрута – 28 ед. автобусов). Также муниципальное предприятие выполняет значимые перевозки по доставке работников ОАО «АВТОВАЗ» по 21 маршрутам автобусами в количестве 223 единицы.

Проведённый анализ экологического стандарта ЕВРО показал, что в муниципальном предприятии «Тольяттинское пассажирское автотранспортное предприятие №3» преобладают автобусы экологических стандартов ЕВРО 2 (35,5%) и ЕВРО 3(43,7%). Количество автобусов экологического стандарта ЕВРО 1 составляет 6 единиц (1,8%) марки Икарус 280, а автобусов ЕВРО 4 составляет 63 единицы марки VOLGABUSи МАЗ 206 (Рисунок 1.7).

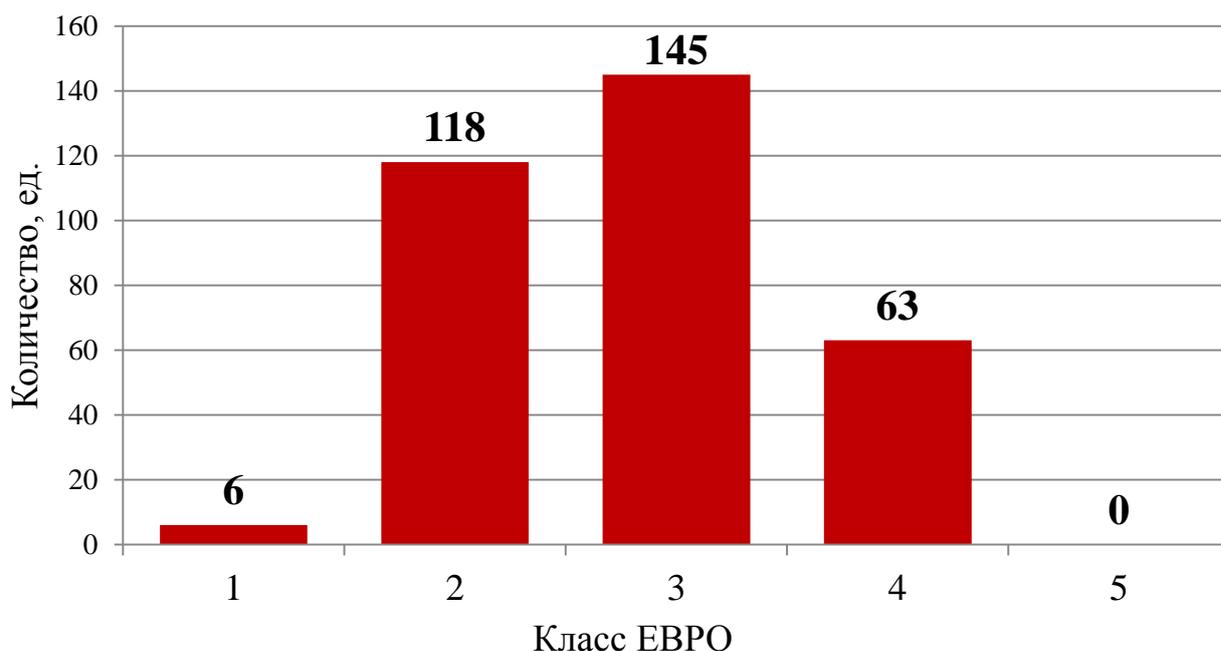


Рисунок 1.7 – Автобусный парк МП «ТПАТП №3» с разбивкой по экологическим стандартам

Также необходимо указать, что согласно пункту 3 распоряжения Правительства Российской Федерации от 13.05.2013 № 767-р, федеральным органам исполнительной власти совместно с органами государственной власти субъектов Российской Федерации и организациями поручено разработать и представить в установленном порядке в Правительство Российской Федерации комплекс мер, направленных на создание благоприятных условий для увеличения к 2020 году в субъектах Российской Федерации, уровня использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на пассажирском транспорте и транспорте дорожно-коммунальных и строительных служб:

- до 50 процентов общего количества единиц техники в городах с численностью населения более 1000 тысяч человек;

- до 30 процентов общего количества единиц техники в городах с численностью населения более 300 тысяч человек;

- до 10 процентов общего количества единиц техники в городах и населенных пунктах с численностью населения более 100 тысяч человек.

На основании этого Министерством транспорта РФ была разработана программа «Внедрение газомоторной техники с разделением на отдельные подпрограммы по автомобильному, железнодорожному, морскому, речному, авиационному транспорту и технике специального назначения», срок реализации которой 2015-2020 г. Общий объем софинансирования при реализации подпрограммы «Внедрение газомоторной техники на автомобильном транспорте» составит приблизительно 58 551 928,5 тыс. рублей.

Также Правительством Самарской области было издано постановление «Об утверждении государственной программы Самарской области «Развитие рынка газомоторного топлива в Самарской области» на 2014 – 2020 годы», согласно которого запланировано предоставление субсидий бюджетам муниципальных образований в Самарской области в целях софинансирования расходных обязательств муниципальных образований, связанных с реализацией мероприятий по оказанию содействия организациям, осуществляющим свою деятельность на территории Самарской области, в целях обновления парка автомобильной техники автобусами и техникой для жилищно-коммунального хозяйства, работающими на газомоторном топливе. Общий объем финансирования – 2 064,0 млн. рублей.

Согласно данным официального портала мэрии городского округа Тольятти численностью населения города 07.06.2016 г. составляет 718 127 человек, что говорит о необходимости использования в городском округе Тольятти при наличии в парке муниципального предприятия «Тольяттинское пассажирское автотранспортное предприятие №3» 328 единиц – около 100 автобусов, работающих на газомоторном топливе.

Для достижения данных показателей мэрией городского округа Тольятти регулярно направляются заявки на включение в программы обновления транспорта в адреса министерства транспорта и автомобильных дорог Самарской области, а также в министерство промышленности Самарской области. По одной из программ в начале 2016 г. будет приобретено 60 единиц автобусов с двигателями, работающими на сжиженном природном газе.

В ходе реализации указанных выше мероприятий в городском округе Тольятти в конце 2015 г. был заключен договор на оказание услуг по финансовой аренде (лизингу) 60 автобусов городского типа большой вместимости, работающих на компримированном природном газе, марки Волгобас 5270G2 (рисунок 1.8) [2].



Рисунок 1.8 – Волгобас 5270G2, работающий на компримированном природном газе

Согласно информации МП «ТПАТП №3» в финансово-хозяйственной деятельности муниципального предприятия «Тольяттинское пассажирское автотранспортное предприятия №3» на 2016 год предусмотрено эксплуатация автобусов работающих на газомоторном топливе.

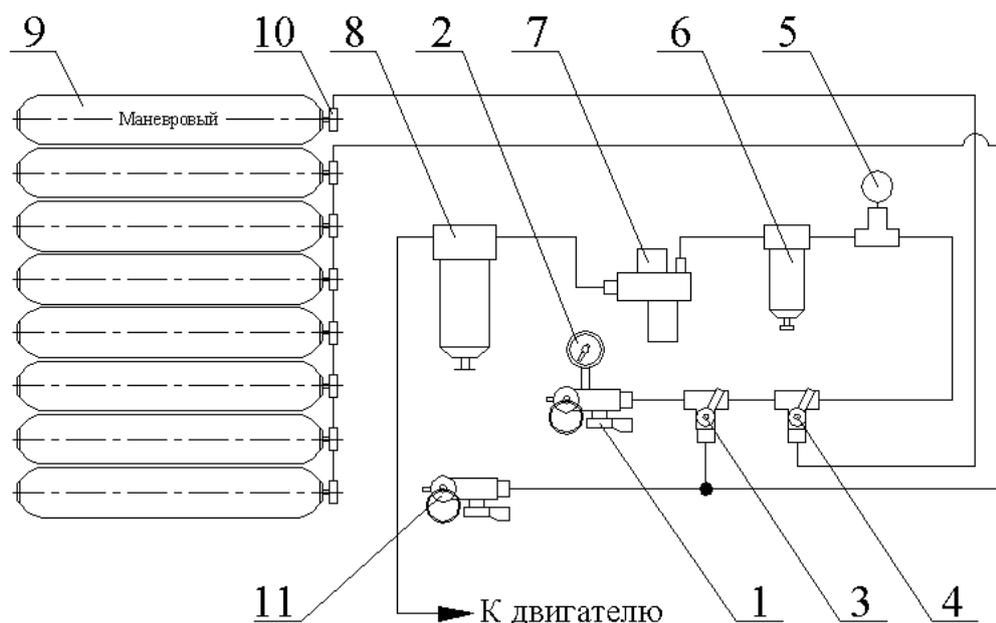
Использовать данные автобусы предполагается на муниципальных маршрутах № 2, 13, 73. Эксплуатация автобусов использующих компримированный природный газ в качестве моторного топлива подразумевает увеличение нулевых пробегов Связанных с заправкой подвижного состава на АПГКС расположенной на улице Мичурина в районе торгового центра «Парк Хаус».

Ввод в эксплуатацию нового подвижного состава планируется во 2 квартале 2016 года. В настоящее время, нулевой пробег одного автобуса на диспетчерский пункт", расположенный на улице Банькина составляет 13 км. С учетом

предполагаемой заправки нового подвижного состава, нулевой пробе увеличится на 3,9 км.и составит 17 км.

Использование автобусов, работающих на сжатом природном газе с одной стороны позволит существенно экономить на топливе, но при действующей газовой инфраструктуре города Тольятти будет увеличен холостой ход, что не благоприятно скажется на экономии денежных средств предприятия.

Рассмотрим более подробно, данную модель и марку автобуса. Согласно руководству по эксплуатации Автобус 5270G2 оснащенгазотопливной системой питания. Принципиальная схема газотопливной системы приведена на рисунке 1.9.



1 – устройство; 2 – манометр; 3 – магистральный вентиль от основных баллонов; 4 – магистральный вентиль от маневрового баллона; 5 – датчик высокого давления; 6 – фильтр высокого давления; 7 – регулятор (редуктор) давления; 8 – фильтр низкого давления; 9 – баллон газовый; 10 – вентиль баллонный; 11 – узел дегазации

Рисунок 1.9 – Схема газобаллонного оборудования:

Газовые баллоны располагаются на крыше автобуса, закреплённые на раме. Внешний вид автобуса с расположением газовых баллонов на крыше представлен на рисунке 1.10.

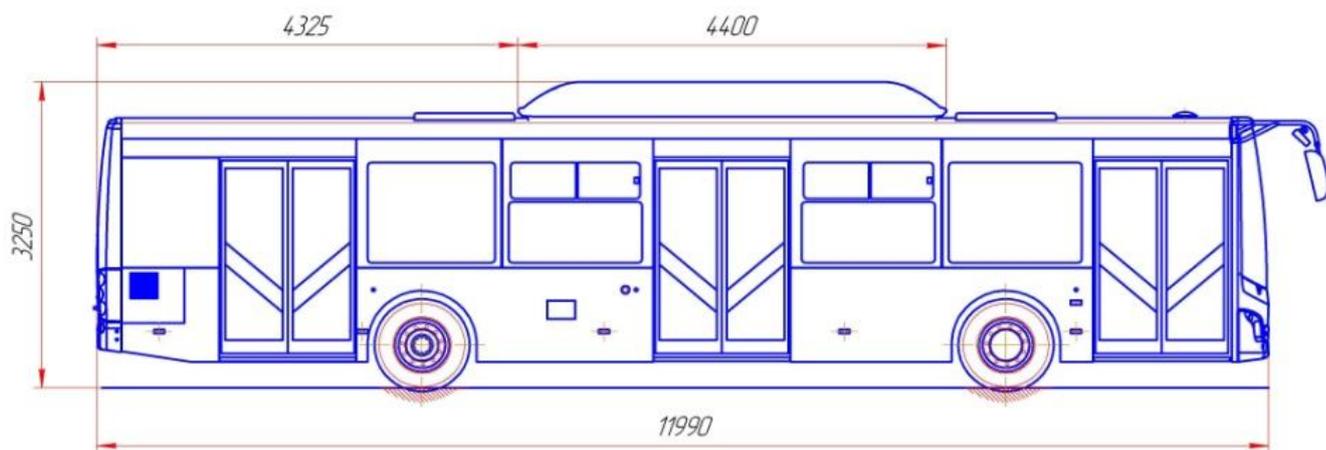
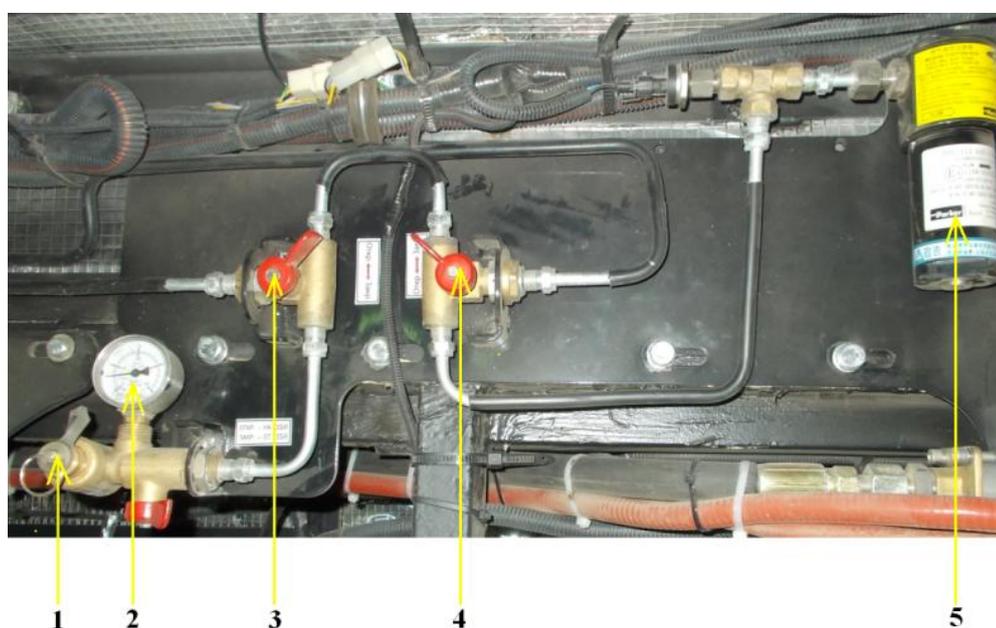


Рисунок 1.10 – Общий вид автобуса

На рисунке 1.11 представлены агрегаты и элементы газотопливной системы.



1 – заправочное устройство; 2 – манометр; 3 – вентиль магистральный основных баллонов; 4 - вентиль магистральный маневрового баллона; 5 – фильтр высокого давления.

Рисунок 1.11– Агрегаты газотопливной системы:

На автобус установлен узел дегазации (эту функцию выполняет заправочное устройство без обратного клапана), расположенный в левой части подкапотного пространства (рисунок 1.12). Данное устройство служит для выпуска/перепуска сжатого газа из топливной системы и применяется в необходимых случаях (например, при ремонте автобуса) с обязательным контролем использования.

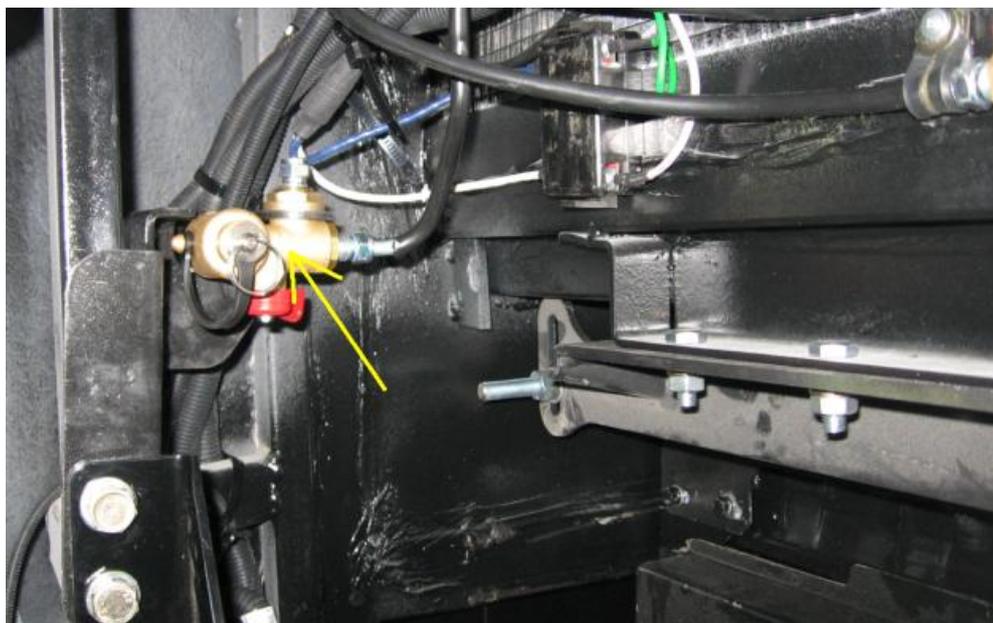


Рисунок 1.12 - Устройство дегазации

В процессе повседневной эксплуатации автобуса, рукоятка узла дегазации должна постоянно находиться в положении «закр» и быть опломбированной для исключения произвольного проворачивания с целью обеспечения безопасности.

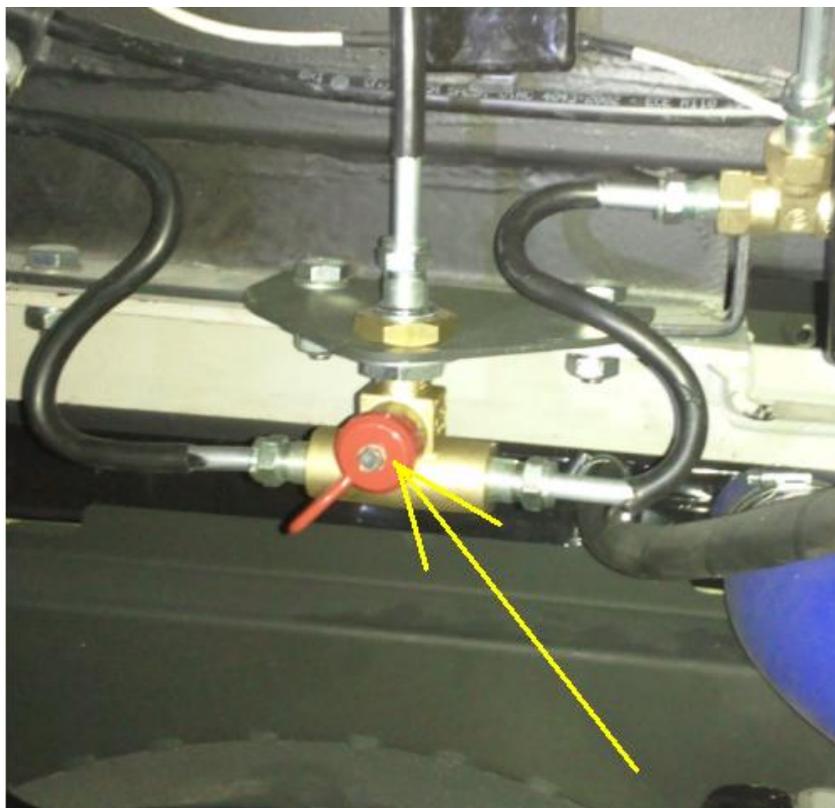


Рисунок 1.13 -Магистральный вентиль

При заправке газ через заправочное устройство, вентили баллона поступает по жестким трубопроводам в баллоны для сжатого природного газа. При работе двигателя газ из баллонов через вентили баллонов, вентили магистральные, фильтр очистки газа высокого давления, поступает к редуктору давления, далее подается на фильтр очистки газа низкого давления, далее, через оборудование, установленное на двигателе (отсечной электромагнитный клапан и т.д.) газ поступает во впускной коллектор к головкам цилиндров. Оптимальный состав газовой смеси обеспечивается газоздухосмесителем, а количество воздуха регулируется узлом воздушной дроссельной заслонки. Управление составом газоздушной смеси осуществляется электронным блоком управления двигателя, кроме того блок формирует необходимое напряжение, подаваемое на свечу зажигания в строго определенное время (угол опережения зажигания).

При работе газового подогревателя газ из баллонов через вентили баллонов, магистральный вентиль подогревателя поступает к редуктору подогревателя и далее к подогревателю.

На автобусе установлены металлокомпозитные баллоны (Типа 3) в количестве – 8 шт. Объем одного баллона – 123л.

На всех типах баллонов для сжатого газа на поверхности должна быть нанесена маркировка, содержащая следующие данные:

- товарный знак или наименование изготовителя;
- обозначение баллона;
- номер баллона и номер партии баллонов;
- дату (месяц, год) изготовления и первого освидетельствования;
- рабочее давление (Р) и пробное давление (П) в мегапаскалях;
- вместимость баллона в литрах;
- массу баллона в килограммах.

На цилиндрической части баллона должны быть нанесены методом плоской печати следующие надписи:

- «природный газ»
- «не использовать после ... (месяц и год изготовления плюс срок службы)»

- «использовать только с предохранительным устройством»

Вторым этапом осуществление реализаций постановления правительства, как предполагается, будет являться закупка пассажирских транспортных средств в рамках планируемых мероприятий по празднованию 50-летия со дня создания АвтоВАЗа и выпуска первого автомобиля, мэрией г.о. Тольятти предложены мероприятия по приобретению автобусов.

В части газозаправочной инфраструктуры городского округа Тольятти необходимо отметить находящуюся в эксплуатации автомобильную газонаполнительную станцию (далее АГНКС), которая расположена по адресу Автозаводское шоссе, 10Б.

Информация о загруженности АГНКС в городском округе Тольятти приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Загруженность автомобильной газонаполнительной станции

Наименование	Местоположение	Проектная производительность АГНКС, тыс.м ³ в год/объем перевозимого ПАГЗ КПГ, м ³ за 1 заправку	Фактическая производительность АГНКС, тыс.м ³ в год/объем перевозимого ПАГЗ КПГ, м ³ за 1 заправку	Загрузка АГНКС, %	Резерв производительности АГНКС, тыс.м ³ в год/объем перевозимого ПАГЗ КПГ, м ³ за 1 заправку
АГНКС-1	г. Тольятти, Автозаводское шоссе, д.10 Б	11 600	641,9	5,5	10 958,1

На основании таблицы можно сделать выводы, что необходимо осуществить дозагрузку действующую на территории города автомобильную газонаполнительную станцию, что и предполагается при выполнении государственной программы «Развитие рынка газомоторного топлива в Самарской области» на 2014 - 2020 годы.

В таблице 1 приведены цены на моторное топливо в городском округе Тольятти по состоянию на 19.02.2015 года, согласно данным оперативного мониторинга розничных цен на автомобильное топливо, управления потребительского рынка мэрии городского округа Тольятти.

Таблица 1 - Средние потребительские цены на моторное топливо в городском округе Тольятти по состоянию на 19.02.2015 года.

Вид моторного топлива	Единица измерения	Цена	
		Min	Max
Дизельное топливо	руб/литр	31,50	35,20
Бензин А76 (80)		27,90	28,50
Бензин А92		30,20	31,70
Бензин А95		33,40	35,20
Пропан-бутан		15,43	
Метан		12,00	

Согласно пункту 1 постановления Правительства Российской Федерации от 15.01.93 №31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом» предельная отпускная цена на сжатый природный газ, производимый АГНКС, не должна превышать 50 процентов от цены реализуемого в данном регионе бензина А-76 (Аи-80), включая налог на добавленную стоимость. В городском округе Тольятти стоимость газа на АГНКС составляет 12 рублей за 1 куб. метр, то есть немного ниже установленной максимальной цены (50% от стоимости бензина А-76 (Аи-80) в городском округе Тольятти– 13,95 и 14,25 рубля соответственно).

Подводя итоги первой главы можно с уверенностью сказать, что использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива одна из перспективных мероприятий по улучшению экологических и экономических показателей города. Анализ наличия газомоторной техники в городе и возможные перспективы её приобретения показали заинтересованность правительства области в приобретении данного вида транспорта.

Глава 2. Добавки водорода в сжатый природный газ

Помимо мероприятий указанных в главе 1 одним из перспективных направлений решения энерго-экологических проблем автотранспорта, в том числе и в России является использование водорода в качестве моторного топлива.

Водород как моторное топливо имеет ряд свойств, которые позволяют повысить эффективность рабочего процесса двигателей с искровым зажиганием, значительно повысить экономичность и радикально уменьшить токсичность отработавших газов.

Первые попытки использования водорода в качестве моторного топлива были предприняты в СССР в 1941 году [3], а в семидесятые годы в нескольких научно-исследовательских организациях СССР начали интенсивно проводиться работы по использованию водорода в качестве добавки к бензину. Наиболее известны такие центры как НАМИ, ИПМаш АН УССР и СМНС АН СССР [2, 4-6]. В ИПМаш АН УССР под руководством профессора И.Л. Варшавского созданы автомобили и автопогрузчики работающие на бензоводородных топливных композициях с металлгидридными системами хранения водорода на борту [6]. ВНАМИ под руководством Е.В. Шатрова проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бензоводородного микроавтобуса РАФ 22034. Выполнена разработка бензоводородной системы питания, которая прошла полный комплекс стендовых и лабораторно-дорожных испытаний [7]. Использование водорода в качестве топлива в чистом виде показало падение мощности двигателей по сравнению с бензиновым аналогом [5]. Очень «жесткий» процесс сгорания водородно-воздушных смесей в области стехиометрического состава приводит к детонации на режимах высоких нагрузок. Эта особенность водородного топлива требует внесения существенных изменений конструкции ДВС [6].

Также одним из основных сдерживающих факторов широкого применения водорода в ДВС является сложность его получения (в чистом виде), транспортировке и хранении, а также высокой ценой.

Поэтому в настоящее время экономически нет возможности перевести автомобильный транспорт на водород. Однако имеется возможность улучшить свойства топлив за счет добавки водорода. Одним из перспективных путей снижения токсичности газового двигателя внутреннего сгорания является использование смесового топлива, представляющего собой смесь компримированного природного газа и водорода.

Общепризнано, что хранение водорода на борту любого транспортного средства является крайне нерациональным из-за большой массы и габаритов контейнеров и его взрывоопасности. Поэтому существует необходимость рассмотреть два различных места конверсии водорода – непосредственно на борту автомобиля или при заправке транспортных средств на специализированных автомобильных газонаполнительных компрессионных станциях, но для начала необходимо рассмотреть существующие варианты конверсии.

Получение водорода из природных органических топлив в настоящее время является наиболее широко освоенным методом. Основной технологией является паровая конверсия метана. Как видно из данных рисунка 2.1, по указанной технологии получают около 85% производимого в мире водорода, что обусловлено достаточно высокой (более 80%) эффективностью процесса, его реализацией на уровне крупномасштабного производства, сравнительно невысокой (на настоящий момент) стоимостью и отлаженной инфраструктурой транспортировки исходного сырья.

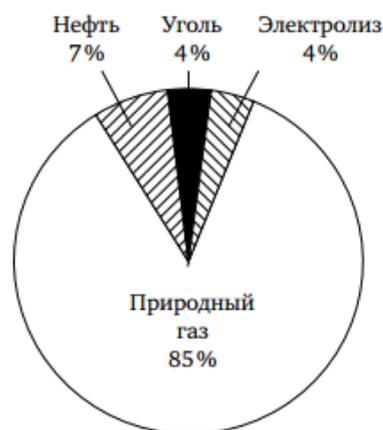
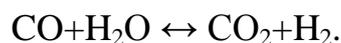
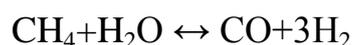


Рисунок 2.1 – Структура мирового производства водорода

В результате стоимость водорода для данной технологии оказывается самой низкой по сравнению со стоимостью водорода, получаемого другими методами. При этом она существенно снижается по мере увеличения производительности. Согласно данным Минэнерго США, в 1995 году стоимость водорода для условий большого завода составляла 7 долл. за гДж. Это эквивалентно стоимости 0,24 долл./л бензина при стоимости природного газа 2,30 долл./гДж (80 долл./1000 нм³).

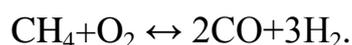
Паровая конверсия метана. Паровая конверсия углеводородных газов получила широкое распространение после второй мировой войны и в настоящее время является наиболее рентабельным способом производства водорода. Себестоимость процесса составляет 60 – 200руб. за кг водорода. В будущем возможно снижение цены до 40 – 100руб., включая доставку и хранение. Процесс отделения водорода от углеродной основы в метане протекает в трубчатых печах (химических паровых реформерах) при внешнем подводе теплоты при температурах 750–850°С через стенку трубы на каталитических поверхностях (никель, корунд и др.).

Основные реакции процесса:



Первый шаг реакции расщепляет метан и водяной пар на водород и оксид углерода (синтез-газ). Вслед за этим «реакция сдвига» превращает оксид углерода и воду в диоксид углерода и водород. Эта реакция происходит при температурах 200–

250 °С. Для осуществления эндотермического процесса ПКМ сжигается около половины исходного газа. С целью экономии природного газа и снижения загрязнения окружающей среды продуктами его сгорания в России, США, Японии и Франции проводились и продолжают развиваться разработки технологии паровой конверсии метана с подводом тепла от высокотемпературного гелиевого реактора (ВТГР). Территориальная модель такого комплекса состоит из ядерной части, вырабатывающей синтез-газ (смесь H₂ и CO), который транспортируется к технологической части производства, где этот газ используется для выработки конечной продукции. Помимо ПКМ существует парокислородная конверсия, где вместе с горячим паром в активную зону реактора подается кислород, это делает установку дороже на 5–10%. Основные реакции процесса те же, что и для ПКМ, плюс окисление метана кислородом:



Состав реагирующих веществ для парокислородной конверсии метана такой, что реакции в совокупности дают нулевой тепловой эффект. Существенное преимущество парокислородной конверсии по сравнению с ПКМ — передача теплоты осуществляется напрямую, а не через стенку теплообменника — используется более дешевый реактор шахтного типа вместо дорогого трубчатого, применяемого в предыдущем случае. Для получения водорода методом паровой и парокислородной каталитической конверсии на нефтеперерабатывающих заводах, наряду с природным газом, используются нефтезаводские газы, нефтяные остатки или любые фракции нефтепродуктов.

Таблица 2.1 – Сравнение состава синтез газа и основных характеристик при конверсия природного газа

Характеристика	Паровая конверсия	Парокислородная конверсия
Давление, МПа	2-4	2-4
Температура, К	1000-1100	1000-1300

КПД, %

60-64

65-70

состав синтез газа, %

H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂
75,5	6	17	1,5	~0	71,5	24,4	2,4	1	1

Рассмотрев вышеуказанные методы конверсии водорода из природного газа можно сказать, что данные методы требуют громоздкое стационарное оборудование, располагающее на нефтедобывающих/перерабатывающих заводах, что не может быть использовано в данной магистерской работе.

В энерготехнологической схеме производства метано-водородной смеси (далее МВС) приняты технические решения, направленные на достижение минимального расхода энергии и максимальной производительности. Технологическая схема производства МВС показана на рисунке 2.2.

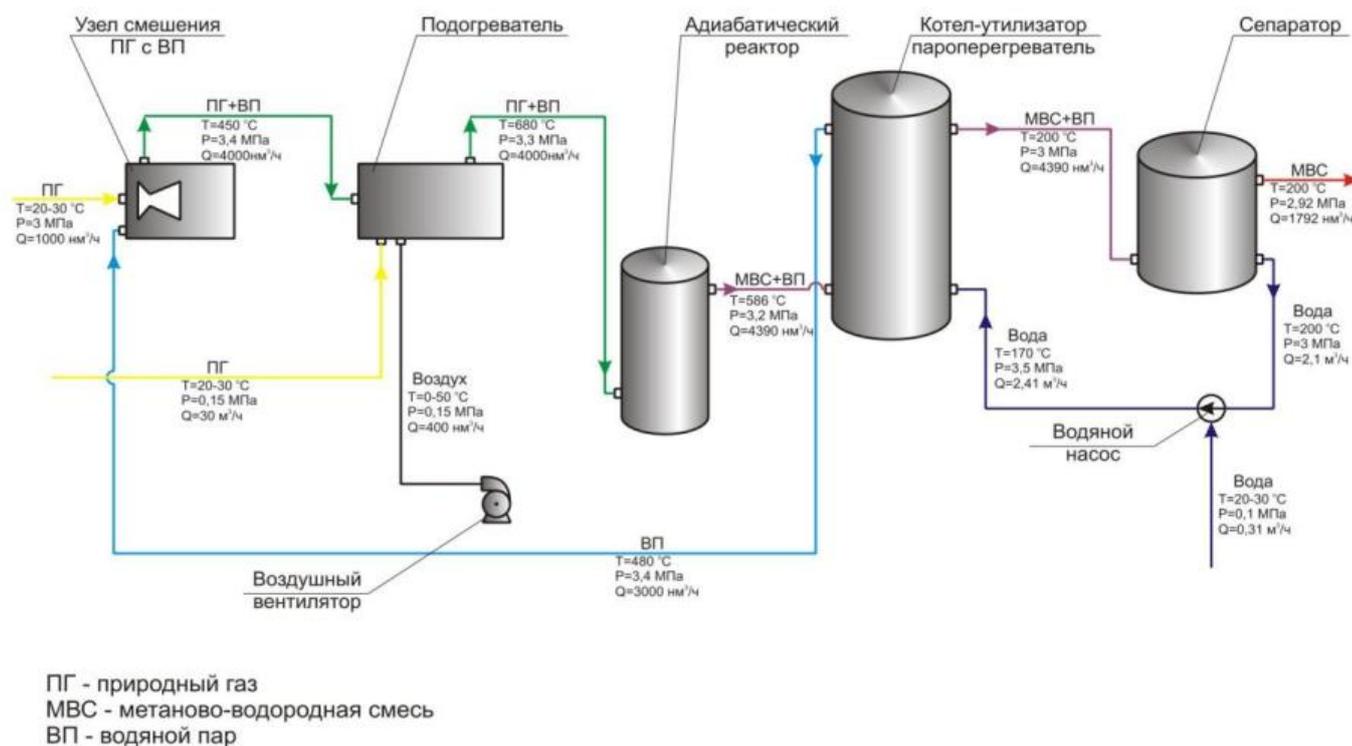


Рисунок 2.2 – Схема установки получения метано-водородной смеси адиабатической конверсии метана

Природный газ, очищенный от сернистых соединений поступает в узел смешения с водяным паром. Водяной пар поступает из котла-утилизатора.

Природный газ с водяными парами при температуре примерно 450°C поступают в огневой подогреватель.

На выходной линии огневого подогревателя температура смеси составляет примерно 680 °С. С такой температурой смесь поступает в адиабатический реактор. В реакторе, благодаря адиабатической конверсии метана, получаем метано-водородную смесь и водяные пары с температурой примерно 590 °С. Так как в адиабатическом реакторе часть воды тратится для получения водорода, производится постоянная подпитка воды в систему. Перед тем как попасть в систему вода проходит через фильтр. Все расходные показатели по природному газу, метано-водородной смеси, водяному пару и воде показаны на схеме.

На рисунке 2.3 представлена диаграмма изменения требуемой температуры конверсии метана в метано-водородную смесь в зависимости от активности катализатора для получения конечного содержания водорода в сухой смеси – 42-48% (объемный). Как видно из представленной диаграммы при увеличении активности катализатора всего в два раза температура конверсии метана уменьшается на 25 градусов. В данной установке при подаче на вход природного газа в количестве 1000 м³ /ч, а на выходе из установки получают метано-водородную смесь в количестве 1792 м³ /ч.

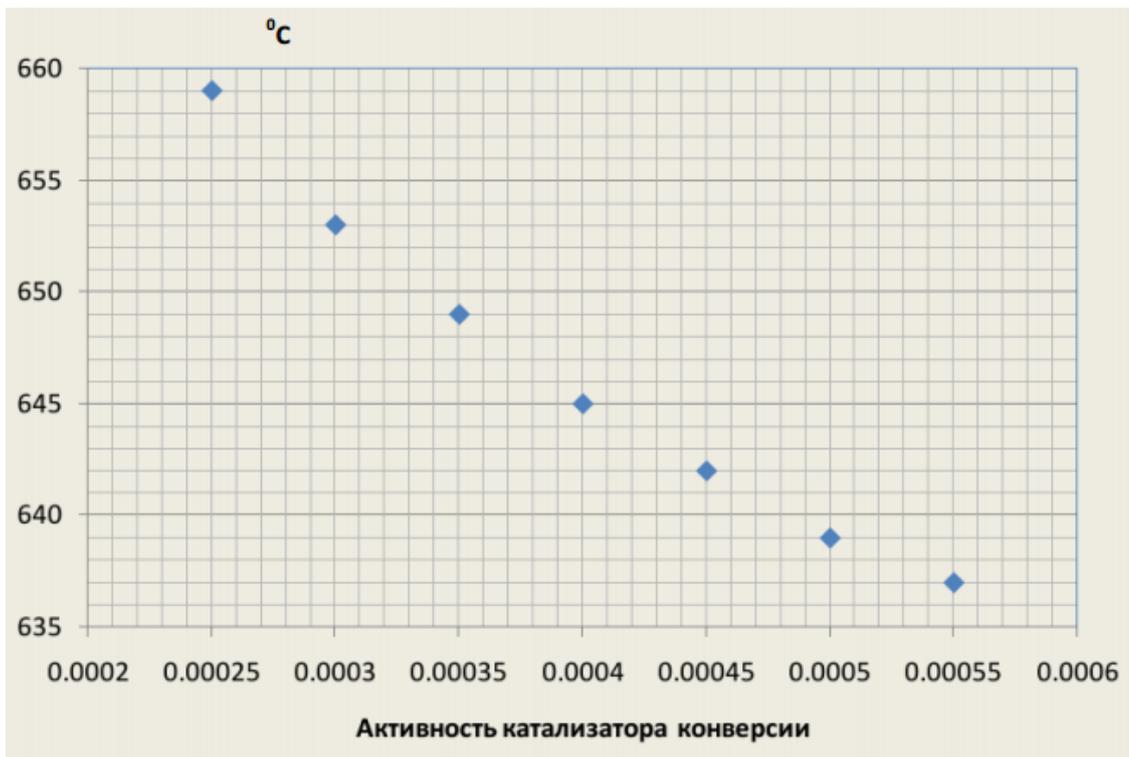


Рисунок 2.3–Требуемая температура конверсии метана в зависимости от активности катализатора

Таким образом, согласно расчётам, температуры конверсии метана в метано-водородной смеси лежат в интервале 637-659°C, в зависимости от активности применяемого катализатора. Поскольку активность катализатора является эмпирической величиной и может отличаться от принятых значений, а также может снижаться в ходе эксплуатации, предусмотрена возможность подогрева поступающей на конверсию парогазовой смеси до температур выше расчётной.

Содержание водорода в данном случае может изменяться от 0 до 44-48% как путем изменения температуры нагрева парогазовой смеси (рисунок 2.4), так и путем разбавления товарной метано-воздушной смеси природным газом.

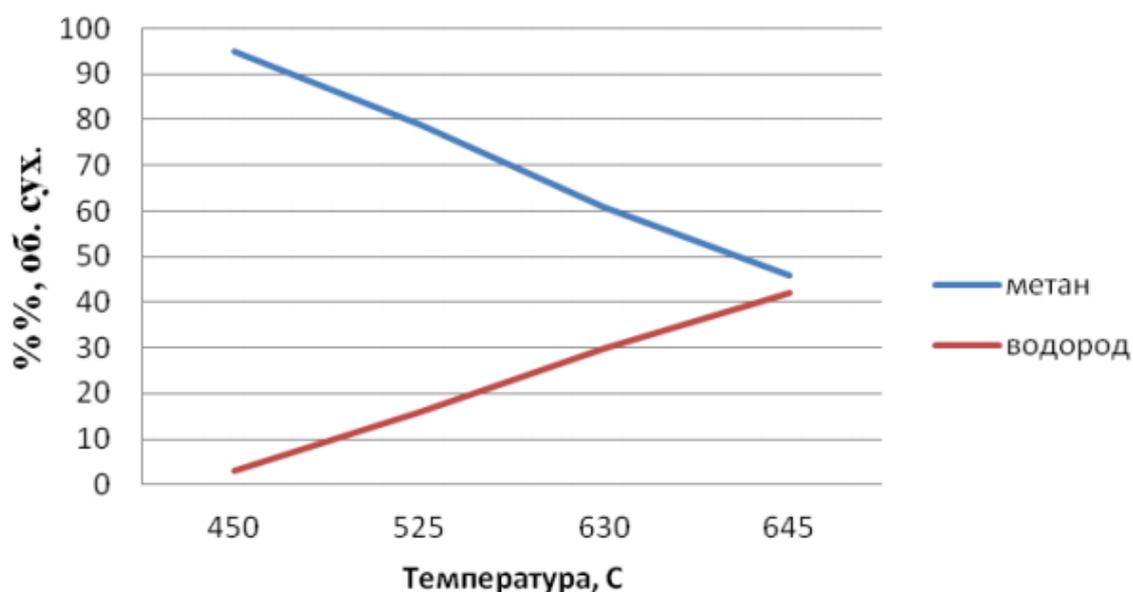


Рисунок 2.4– Изменение содержание водорода и метана в зависимости от температура нагрева парогазовой смеси

Применение метано-водородных смесей с высоким содержанием водорода (до 20%) в качестве топливного газа на строящихся, а также на действующих автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях с газоперекачивающими агрегатами, подлежащими реконструкции, позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики, снизить расход топливного газа и значительно снизит эмиссионные показатели.

По окончании второй главы хотелось бы подвести некоторые итоги:

- природный газ является одним из основных топлив в мировой глобальной энергетике XXI века, роль которого с каждым годом увеличивается, благодаря его эксплуатационным особенностям и стимулирующим мерам правительства;
- в дальнейшей перспективе на смену природному газу должно придти водородное топливо;
- в России разработана технология адиабатической конверсии метана, производящая метано-водородное топливо с содержанием водорода до 30%. Данная технология существенно упрощает промышленный процесс получения водорода, поскольку не требует производства кислорода как другие методы конверсии и

осуществляется при более низких температурах (до 680°С), что позволит применять данный метод на автозаправочных станциях;

– на основании экспериментов, проведённых группой представителей от ОАО «Газпром», ООО «Подземгазпром» и Центр «Кортес» можно сделать выводы, что повышение содержания водорода в метано-водородной смеси:

- расширяет пределы его горения;
- делает горение смеси устойчивым и при нормальном давлении;
- смесь сгорает при значительном содержании водяных паров (20-30%).

Глава 3. Водородонасыщение природного газа на автомобильной газонаполнительной компрессионной станции

3.1 Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции

Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) осуществляют заправку автомобильного транспорта компримированным природным газом. В настоящее время АГНКС важный элемент городской инфраструктуры, которая обеспечивает значительную экономию на дорогостоящих нефтепродуктах и играет важную роль в деле охраны атмосферного воздуха. Само по себе использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива для автотранспорта является важным мероприятием по уменьшению загрязнения атмосферы населённых пунктов.

При строгом соблюдении технологического процесса получения компримированного природного газа и заправки им транспортных средств на АГНКС отсутствуют факторы негативного воздействия на человека и окружающую природную среду, вызываемые превышением предельно-допустимой концентрации по содержанию углеводородов в рабочей зоне - 300 мг/м^3 , а в охранной зоне АГНКС - 50 мг/м^3 . Негативное воздействие на человека и окружающую природную среду возможно лишь при возникновении инцидента или аварии на АГНКС, которые должны устраняться в соответствии с планом локализации и ликвидации аварий.

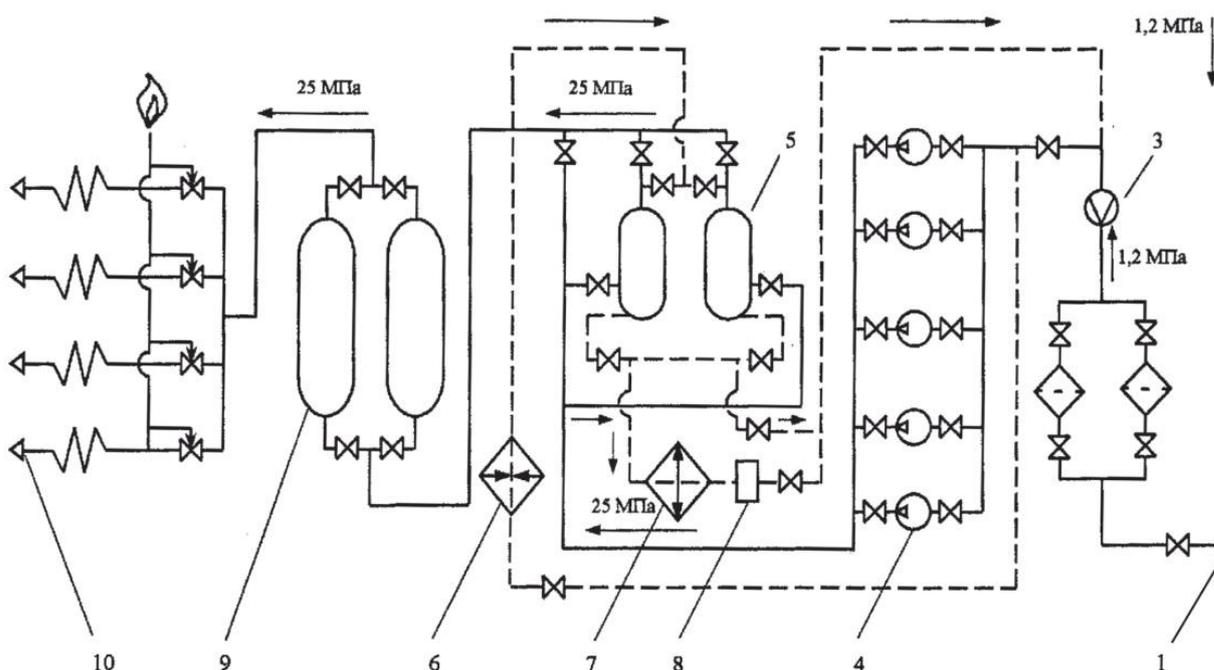
Заправка автомобилей осуществляется в автоматическом режиме управления станцией при круглосуточном режиме работы. Газораздаточные колонки позволяют измерять объем или массу заправляемого газа.

В отличие от авто- и газозаправочных станций, где моторное топливо только реализуется, АГНКС являются объектами, на которых природный газ, поступающий по газопроводу, подвергается комплексной обработке, включающие в себя следующие операции:

- очистка в сепараторе и фильтрах сырьевого газа от капельной жидкости и механических примесей;
- коммерческий замер газа;

- компримирование газа до 25 МПа с охлаждением после каждой ступени сжатия компрессорных установок;
- осушку газа от влаги в блоке осушки;
- хранение в аккумуляторах при 25 МПа и распределение через газозаправочные колонки при давлении 20 МПа.

Принципиальная схема автомобильные газонаполнительные компрессорные станции АГНКС продемонстрирована на рисунке 3.1.



- 1 – газопровод; 2 – фильтр; 3 – расходомер; 4 – компрессор; 5 – адсорбер;
 6 – электронагреватель; 7 – холодильник; 8 – маслоотделитель;
 9 – аккумулятор газа; 10 – раздаточный шланг

Рисунок 3.1 – Схема АГНКС

Газ, поступающий из газопровода 1, очищается от механических примесей в блоке фильтров. Для этого используются четыре сетчатых фильтра 2, которые задерживают частицы размером больше 15 мкм. Затем измеряется его количество расходомером 3. В блоке компрессорных установок газ сжимают до 25 МПа. Каждый компрессор 4 имеет четыре цилиндра, через которые газ проходит последовательно. В первом цилиндре газ сжимается от 1 до 2,5 МПа, во втором—от 2,5 до 7,5, в третьем—от 7,5 до 13, в четвертом—от 13 до 25[34].

Газомоторное топливо должно быть сухим, поскольку пары воды уменьшают его теплотворную способность. Поэтому скомпримированный газ подвергают осушке. Блок осушки включает два адсорбера 5, заполненных цеолитом. Газ осушается в них попеременно. Отключенный адсорбер в это время находится на регенерации. Делают это с помощью подогретого электронагревателем 6 газа, называемого газом регенерации. Насыщенный влагой газ регенерации подаётся в холодильник 7. Там влага и частицы масла конденсируются и выводятся в масловлагоотделитель 8. После этого газ регенерации поступает обратно в компрессор. Осушенный газ направляется в блок аккумуляторов, объем каждого из которых составляет 9 м³. Аккумуляторы 9 играют роль буферных ёмкостей, благодаря которым можно не менять режим работы компрессоров при изменении числа заправляемых автомобилей. Из аккумуляторов газ подаётся в блок раздачи. Шланг 10 раздаточной колонки присоединяют к газобаллонной установке автомобиля, плотно затягивая гайку на наконечнике шланга. Манометр на колонке показывает давление газа в баллонах автомобиля. Когда оно достигает 20 МПа, подача газа

3.2.1 Линия всасывания компрессора

Природный газ из внешнего газопровода под давлением от 0,3 до 1,2 МПа (от 3 до 12 кгс/см²), поступает на вход АГНКС, проходит через входной кран и поступает в узел очистки. Фильтр газовый низкого давления предназначен для очистки газа от капельной влаги и механических примесей. Отделение жидкости осуществляется за счёт резкого изменения направления потока газа при ударе о стенку корпуса фильтра. Отделённая жидкость накапливается в нижней части корпуса фильтра и периодически сливается через сливной трубопровод в емкость для сбора конденсата.

В верхней части фильтра размещается собственно фильтр, имеющий сменный фильтрующий элемент. Продувка, промывка, либо замена засорившегося фильтроэлемента осуществляется через определённый промежуток времени, определяемый по перепаду давления по показаниям датчиков. Кроме того, на линии

всоса установлен клапан предохранительный настраиваемый на давление срабатывания $0,17 \text{ кгс/см}^2$.

Очищенный газ, через узел замера расхода и электромагнитный кран, поступает через кран питания конвектора отопительного блока оператора и через кран в линию всоса компрессора. Узел замера расхода газа конструктивно состоит из корпуса, сужающего устройства (трубки Вентури), датчика температуры и датчиков давления. Газ направляемый в компрессор поступает в узел редуцирования, состоящий из регулятора давления газа. Регулятор **РД1** настраивается на давление таким образом, чтобы давление газа в линии всасывания компрессора было $0,15 \text{ кгс/см}^2$.

После узла редуцирования газ поступает в вихревую трубу и следующий узел редуцирования состоящий из регулятора давления предназначенный для обеспечения необходимого расхода газа в линии всасывания в случае падения давления его на входе АГНКС. В вихревой трубе газ разделяется на два потока – холодный и горячий. Холодный поток имеет температуру на 30°C ниже, а горячий на 50°C выше температуры газа на входе.

После вихревой трубы, из охлаждённого газа давлением $1,15 \text{ кгс/см}^2$, влага содержащаяся в нем, выпадает в виде крупинок снега и попадая в расширитель снегоотделителя оседает в нижней части его корпуса.

После снегоотделителя холодный газ проходит через трубный пучок влагоотделителя и далее, будучи уже частично осушенным за счёт выпадения снега, поступает на всос компрессора. Для контроля давления на всосе компрессора установлен манометр и датчик давления. Часть горячего потока, выходящего из вихревой трубы, направляется через кран в снегоотделитель для таяния снега и далее в линию всасывания компрессора. Другая часть горячего потока, пройдя через теплообменник, также поступает в линию всасывания.

На линии всасывания установлены:

- манометр, предназначенный для контроля давления газа на входе в АГНКС;
- ручной кран, предназначенный для отбора проб;
- ручной кран для прекращения подачи газа на АГНКС;

- газовый фильтр для очистки газа от твёрдых частиц и капельной влаги;
- измерительный блок, для измерения расхода газа потребляемого АГНКС;
- распределитель клапанный с управляющим клапаном электромагнитным, предназначенный для прекращения подачи газа на АГНКС по сигналу системы автоматики или вручную;
- распределитель клапанный с управляющим клапаном электромагнитным, предназначенный для сброса газа в атмосферу по сигналу системы автоматики или вручную;
- ручной кран для пуска газа в линию всоса компрессора;
- манометр, предназначенный для контроля давления газа перед редуктором-регулятором;
- редуктор-регулятор, предназначенный для поддержания давления газа в линии всасывания компрессора 0,15 кгс/см²;
- манометр, предназначенный для контроля давления газа перед вихревой трубой;
- вихревая труба, предназначенная для получения охлаждённого газа для вымораживания влаги и снижения давления газа до давления всоса компрессора;
- регулятор давления, предназначенный для обеспечения необходимого расхода газа в линии всасывания в случае падения давления на входе АГНКС;
- датчик температуры, для контроля температуры газа после вихревой трубы;
- отделитель снега, для отделения замёрзшей влаги из газа после вихревой трубы;
- трубный пучок влагоотделителя, для конденсации влаги из компримированного газа;
- радиатор отопления, для охлаждения горячего потока газа;
- ручной кран, для от тайкисного отделителя;
- ручной кран, для пропуска газа из ёмкости сбора конденсата на всос компрессора;
- датчик температуры, для контроля температуры газа на всосе компрессора;

- клапан предохранительный, для ограничения давления на всосе компрессора;
- ручной кран, используемый для продувки линии всоса компрессора;
- манометр с датчиком давления, предназначенный для контроля давления газа на всосе компрессора.

3.2.2 Система компримирования природного газа

Компримирование природного газа компрессором осуществляется в пять ступеней. После каждой ступени газ направляется в холодильник. После охлаждения газ поступает на последующую ступень компримирования, а после конечного охлаждения газ направляется в систему осушки и далее в нагнетательный газопровод линии заправки.

На блоке датчиков компрессорной установки обычно размещаются:

- манометры по замеру давления на всасывании, по 1,2,3,4 и 5 ступеням и раздаче;
- термометры по замеру температуры нагнетаемого газа по ступеням;
- термометры типа по замеру температуры масла в картере и системе охлаждения компрессора;
- манометры по замеру давления в системах смазки и охлаждения компрессора;
- манометр для замера перепада давления на масляном насосе компрессора.

Кроме того, на компрессорной установке смонтированы:

- сбросные пружинные предохранительные клапаны соответственно после каждой ступени;
- продувочный газопровод (байпас), расположенный после конечного холодильника;
- запорные устройства на входе в компрессор и выходе из него.

3.2.3 Система осушки природного газа

После компрессора газ высокого давления (до 250 кгс/см²) поступает в систему осушки газа, состоящую из двух последовательно включенных влагоотделителей и далее через кран в линию заправки. Отделённая жидкость и снег, скопившиеся в нижних частях корпусов снегоотделителя и влагоотделителей, после подогрева, периодически удаляются через ручные краны по линиям дренажа в ёмкость для сбора конденсата.

В случае недостаточной степени осушки газа в основной системе осушки (при высокой температуре газа на входе АГНКС), АГНКС имеет систему дополнительной осушки.

Система дополнительной осушки состоит из двух пар осушителей с силикагелем, работающих поочередно (пара на осушку вторая на регенерации). Газ после теплообменника третьей ступени компрессора поступает в осушитель, проходит через слой силикагеля где из него адсорбируется оставшаяся влага.

Регенерация силикагеля происходит за счёт продувки осушителя нагретым до 130...140°С газом после второй ступени компрессора. В процессе регенерации осушителей, насыщенный влагой газ из линии нагнетания направляется в основную систему осушки и далее через кран, линию заправки, измеритель, распределитель клапанный, дроссель, клапан обратный, кран, вход АГНКС, кран, фильтр ФС, измеритель, кран электромагнитный, кран, регулятор, вихревая труба, снегоотделитель, трубный пучок, и вновь на вход компрессора. Во время регенерации заправка не производится.

Кроме того, предусмотрена периодическая оттайка трубных пучков влагоотделителей, по мере их обмерзания, путём закольцовывания компрессора через распределительный клапан.

На линии системы осушки установлены:

- датчик температуры, для контроля температуры газа на выходе из компрессора;
- влагоотделитель;

- датчик температуры, для контроля точки росы (степени осушки) газа идущего на заправку;

- клапан распределительный с электроклапаном, для разгрузки компрессора при пуске и байпасирования его в режиме холостого хода, а также в режиме оттайки трубных пучков влагоотделителей;

- клапан обратный, для предотвращения сброса давления газа из линии заправки во время оттайки трубных пучков влагоотделителей и промежуточных пусков компрессора;

- кран ручной, для отключения линии заправки.

На линии системы дополнительной осушки обычно устанавливаются:

- ручные краны для отключения системы дополнительной осушки;

- краны ручные для переключения режимов работы осушителей системы (осушка – регенерация);

- краны ручные для отключения манометров;

- краны ручные для сброса газа и продувки системы дополнительной осушки;

- манометры, предназначенные для контроля давления газа в системе дополнительной осушки.

3.2.4 На линиях дренажа установлены:

- кран ручной, для продувки отделителя снега.

- клапан обратный, для защиты линии всоса от скачков давления в ёмкости сбора конденсата;

- кран ручной, для отключения ёмкости сбора конденсата во время профилактических работ;

- клапан обратный, для пропуска продувочного газа на всос компрессора;

- кран ручной, для продувки влагоотделителя;

- клапан обратный, для предотвращения обратного потока, со встроенным дросселем, для ограничения расхода при продувке;

- кран ручной, для продувки влагоотделителя;
 - клапан обратный, для предотвращения обратного потока, со встроенным дросселем, для ограничения расхода при продувке;
 - клапан обратный, для предотвращения обратного потока;
 - сборник конденсата, для сбора конденсата при продувке оборудования;
- На ёмкости сбора конденсата установлены:

- манометр, предназначенный для контроля давления газа в ёмкости сбора конденсата;
- клапан предохранительный, для ограничения давления газа в ёмкости сбора конденсата.

3.2.5 Линия заправки автомобилей сжатым газом

Линия заправки состоит из аккумулятора газа, узла измерения расхода газа и запорно-регулирующей арматуры. Кроме того, линия заправки соединена линией сброса давления с входным трубопроводом АГНКС.

На линии заправки установлены:

- манометр с датчиком давления, предназначенный для контроля давления газа в линии нагнетания;
- редуктор-регулятор, для ограничения давления заправки;
- манометр с датчиком давления, предназначенный для контроля давления газа идущего на заправку;
- клапан предохранительный, для защиты линии заправки от повышения давления газа в случае отказа регулятора;
- ручной кран, для продувки линии заправки;
- ручной кран, для отключения аккумулятора газа;
- клапан распределительный с электроклапаном, для отключения аккумулятора газа;
- манометр с датчиком давления для контроля давления в аккумуляторе газа;

- измеритель расхода газа, для измерения расхода газа идущего на заправку;
- ручной кран для отключения линии заправки;
- клапан распределительный с электроклапаном, для отключения линии заправки;
- ручной кран для отбора проб;
- заправочная колонка с двумя заправочными шлангами;
- ручной кран типа, для сброса газа из заправочной колонки на вход АГНКС.

3.2.6 Линия сброса давления

Для разгрузки компрессора и исключения выбросов газа в атмосферу при разгрузке компрессора линия заправки соединена с входным трубопроводом АГНКС линией сброса давления.

На линии сброса давления установлены:

- клапан распределительный с электроклапаном, для сброса давления из линии заправки по команде автоматики;
- клапан обратный, для предотвращения обратного потока, со встроенным дросселем, для ограничения расхода при сбросе давления;
- ручной кран, для отключения линии сброса.

3.2.7 Аккумулятор газа

Аккумулятор газа предназначен для накопления запаса газа при работе компрессора во время отсутствия автомобилей, хранения запаса газа и обеспечения ускоренной заправки автомобиля за счёт накопленного объёма газа.

Аккумулятор представляет собой батарею из двадцати соединённых между собой баллонов ёмкостью по 50 литров каждый размещённых на единой раме. Аккумулятор трубопроводом соединяется с технологическим блок-боксом. Для аварийного сброса газа на аккумуляторе установлена отдельная свеча с краном. Для контроля давления в аккумуляторе газа устанавливаются манометр (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Аккумулятор газа

3.2.8 Система автоматического управления АГНКС

Система автоматики компрессора обеспечивает:

1. автоматическую защиту с выдачей обобщённого светового сигнала «Авария» и расшифровывающий световой сигнал при:

- давлении газа избыточном на всасывающей линии менее 0,005 МПа (0,05 кгс/см²) и более 0,015 МПа (0,15 кгс/см²);

- давлении газа избыточном на нагнетании 1 ступени более 0,42 МПа (4,2 кгс/см²), 2 ступени более 1,45 МПа (14,5 кгс/см²), 3 ступени более 4,6 МПа (46 кгс/см²), 4 ступени более 12,5 МПа (125 кгс/см²), 5 ступени более 25 МПа (250 кгс/см²);

- расходе охлаждающей жидкости менее 0,55 дм³/с (2,0 м³/час);

- давлении масла избыточном в системе смазки менее 0,18 МПа (1,8 кгс/см²);

- температуре газа после 5 ступени сжатия более 473 К (200°С);

2. обеспечивает блокировку в случаях:

– невозможности пуска компрессора при расходе охлаждающей жидкости ниже нормы;

– отключения защиты по давлению масла на время пуска компрессора;

– невозможности пуска компрессора без устранения причины, вызвавшей аварийную остановку.

Общестанционная система автоматики обеспечивает:

– включение аварийной принудительной системы вентиляции отсеков и звуковой сигнализации по команде от системы контроля загазованности при концентрации природного газа в воздухе, равной 10% от НПВ;

– останов электродвигателя и компрессорной установки, подачу сигнала **“Аварийная загазованность”** при концентрации газа 20% от НПВ;

– включение аварийного освещения при отключении основного электропитания, если было включено основное освещение;

– автоматическое включение аварийного электропитания систем пожарной сигнализации от резервного источника постоянного тока 24 В (аккумуляторная батарея);

– автоматическое прекращение отпуска газа при аварийной загазованности помещений или возникновении пожара;

– отключение аварийной системы принудительной вентиляции при пожаре по сигналу **“Пожар”** от системы пожарной сигнализации;

– останов электродвигателя и компрессорной установки, отключение АГНКС от подводящего газопровода и стравливание газа из контура станции и аккумулятора газа через электромагнитные краны по сигналам **“аварийный останов АГНКС”**, **“Аварийная загазованность”**, **“Пожар”**;

– исключение запуска приводного электродвигателя при отсутствии наддува отсека двигателя.

3.2.9 Система охлаждения компрессора

Система охлаждения компрессора состоит из двух водяных радиаторов применяемых на тракторах, циркуляционного насоса, вентилятора обдува с электроприводом и трубопроводов, соединяющих компрессор с радиатором.

Охлаждающая жидкость из радиатора, через сужающее устройство, подводится к холодильнику I – II ступени и к напорному коллектору компрессора. Из коллектора охлаждающая жидкость поступает в холодильники III – IV и V ступеней, водяные полости цилиндров, головки цилиндров. Из водяных рубашек головок и холодильника V ступени охлаждающая жидкость по трубопроводам поступает в сливную воронку. Из сливной воронки по трубопроводу охлаждающая жидкость подаётся к циркуляционному насосу. Устройство устанавливается в системе охлаждения и служит для создания перепада давлений с целью контроля расхода охлаждающей жидкости, поступающей на охлаждение компрессора.

Разность давлений перед диафрагмой устройства сужающего и за ней находится в прямой зависимости от расхода жидкости через диафрагму. Контроль за величиной перепада давлений осуществляется датчиком перепада давлений. При понижении расхода жидкости датчик срабатывает и на щите автоматики загорается сигнал “Авария”.

3.2.10 Дополнительные системы использующиеся на АГНКС

К дополнительным системам (комплексам) относятся:

- система отопления;
- комплекс электрооборудования;
- блок боксы оператора;
- система звукового и визуального оповещения.

3.2.11 Распределительная колонка

Колонка представляет собой шкаф, в котором смонтированы устройства и узлы, необходимые для учёта газа, фильтр, трубопроводы, индикатор давления (манометр).

Внешний вид газонаполнительной колонки, применяющие на АГНКС продемонстрирован на рисунке 3.4.

Рама колонки 1, с двух сторон закрыта несъёмными панелями 8, а спереди и сзади рама оснащается разъёмными панелями 2. Также через окошко 3 имеется возможность удобного доступа к составляющим колонки. Клавиатура 10 управления и кнопка «Стоп» 9 расположены на правой боковой панели корпуса относительно устройства индикации 4. В верхней части 5 корпуса 1 расположено место крепления 6 заправочного шланга 12. Между частями шланга установлено разрывное устройство 7. На конце шланга установлена заправочная головка 11.

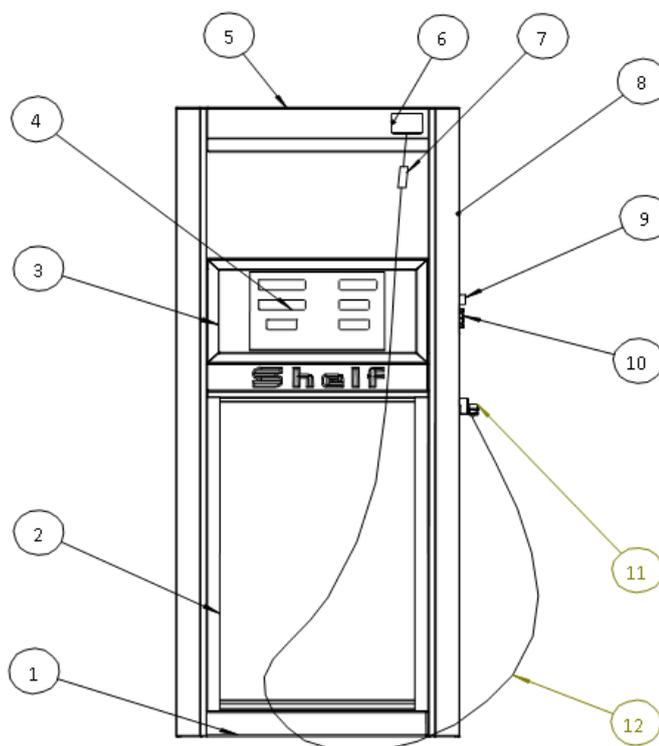


Рисунок 3.4 - Внешний вид газонаполнительной колонки

Сжатый природный газ от АГНКС подводится к штуцеру фильтра, через шаровый кран и электромагнитный клапан поступает в кориолисовый массомер. После этого газ по трубопроводу поступает в заправочную головку 6 и дальше – в

баллоны заправляемого автомобиля. Шаровый кран предназначен для аварийной остановки подачи газа в колонку. Между краном и заправочным шлангом установлен индикатор давления (манометр) для визуального контроля за давлением заправки и давлением газа в заправочном шланге. Эта же информация отображается на индикаторе электронного блока.

Разрывное устройство предназначено для предотвращения разрыва заправочного шланга в случае отъезда автомобиля от колонки с не отсоединенной заправочной головкой. Работа колонки заключается в периодичной заправке газобаллонных автомобилей сжатым природным газом до давления 24,5 МПа с выводением информации об объёме (массе), его стоимости и цене заправляемого газа на блок индикации.

3.3 Заправка компримированного природного газа на автомобильной газозаправочной станции

Основное отличие газа от жидкого моторного топлива (ЖМТ) в том, что объем ЖМТ можно считать постоянным, а газ сильно изменяет свой объем в зависимости от температуры. Автомобильные баллоны со стандартным давлением 20 МПа при температуре 15°C содержат разную массу газа при разной температуре окружающей среды. С одинаковым давлением при температуре 30°C баллоны будут вмещать на 15% меньше газа, чем при -15°C. Газ при заправке нагревается, это повышает давление и уменьшает массу заправки ещё на 10%. Запас хода транспорта между заправками снижается и становится нестабильным. Также надо отметить, что время заправки автомобиля газом больше, чем при заправке ЖМТ, что создаёт дополнительное препятствие к переводу автотранспорта на газ.

3.3.1 Традиционный способ заправки

Традиционно заправка выполняется до заданного давления в баллоне. При заправке измеряется давление газа, по достижении заданного значения блок управления останавливает заправку. Измерить давление прямо в баллоне

невозможно, измеряется давление в заправочном шланге. Оно больше давления в баллоне, перепад пропорционален расходу газа при заправке (рисунок. 3.5).

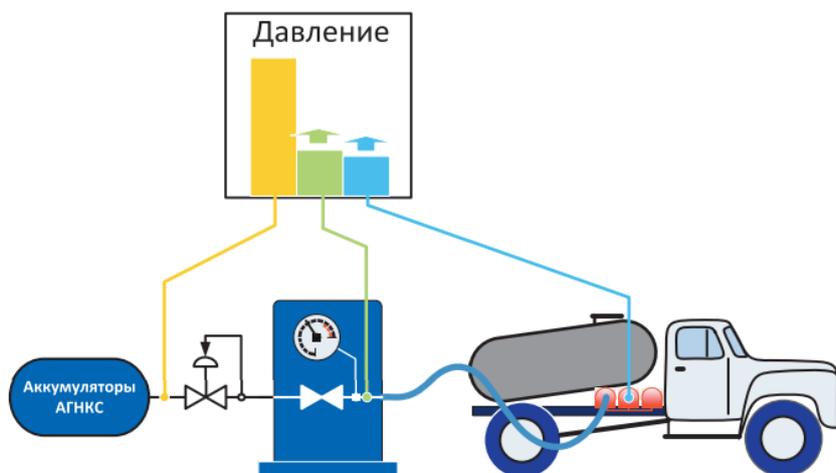


Рисунок 3.5 – Типовая схема заправки

Чтобы обеспечить контроль давления, его ограничение и заправку до заданной величины, перед колонкой устанавливается регулятор, уменьшающий давление и перепад на заправочном устройстве. При этом снижается расход газа, особенно в конце заправки, что заметно увеличивает её длительность. Именно по такой схеме работают колонки на АГНКС, построенные в 1980-х годах (рисунок 3.6).

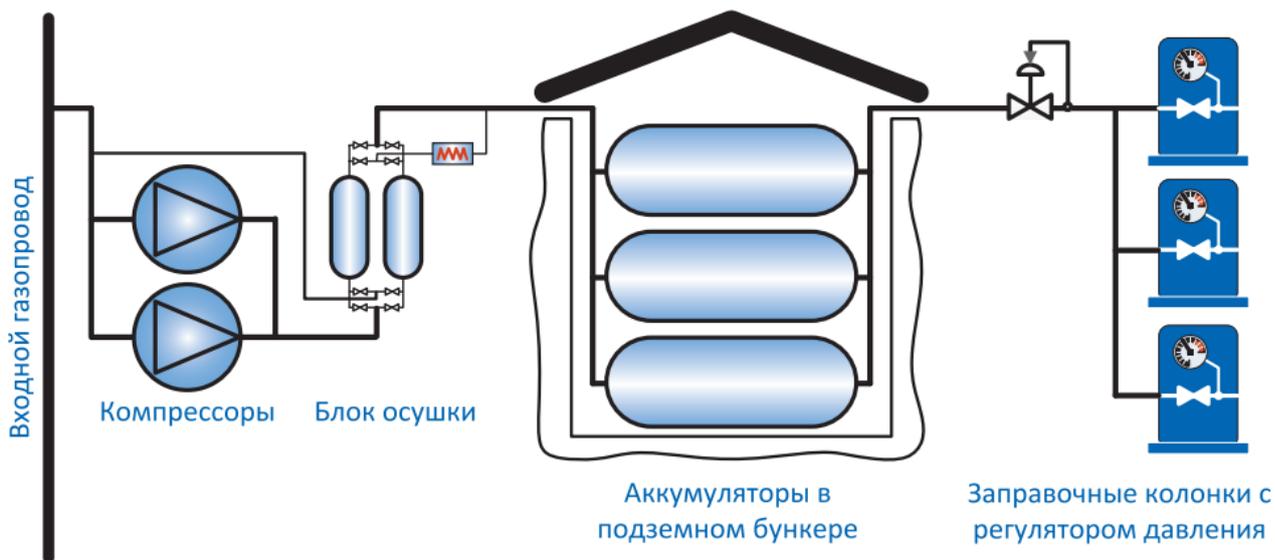


Рисунок 3.6 – Структура АГНКС в 1980-х годов

Аккумуляторы газа имеют большой объем и расположены в подземном бетонном бункере. Кроме безопасности, данное решение обеспечивает примерно постоянную температуру газа в течение года. Коммерческий расчёт производится с помощью таблиц давления в баллоне, объёма баллона и температуры воздуха, то есть без прямого измерения массы проданного газа. Данная схема неплохо сбалансирована с точки зрения безопасности и наполняемости баллонов. Газ хранится под землёй в больших ёмкостях, сезонные изменения мало влияют на его температуру. В любое время года температура газа в баллонах автомобиля в конце заправки примерно одинакова. Обеспечивается не оптимальная, но довольно стабильная наполняемость баллонов в разное время года.

Однако у этой схемы есть несколько важных недостатков:

- регулятор давления ограничивает скорость заправки, он сложен в настройке, дорог и недостаточно надёжен;
- происходит недозаправка баллонов из-за их нагрева;
- неточно оценивается масса проданного газа;
- требуется большая площадь для аккумуляторов, обязателен контроль загазованности в закрытом подземном бункере, большой объем и подземное расположение аккумуляторов усложняют их испытания, проводимые раз в 5 лет.

3.3.2 Процесс заправки баллона

Газ в баллоне автомобиля нагревается при заправке от резервуара со сжатым газом (аккумулятор). На АГНКС это хорошо известное явление приводит к недозаправке. Возникает вопрос: откуда берётся нагрев баллона, ведь газ охлаждается при расширении, если отсутствует теплообмен? Зачастую на газозаправочных колонках именно из-за этого обмерзают заправочные устройства и клапаны. Почему же газ в баллоне нагревается выше начальной температуры? При движении через трубопроводы и заправочное устройство газ набирает скорость, расширяется, что вызывает его охлаждение. Затем поток газа тормозится в заправляемом баллоне, заново сжимается и нагревается. Важно, что конечная температура выше, чем

температура в аккумуляторах газа, так как избыточная энергия газа переходит в теплоту (рисунок 3.7).

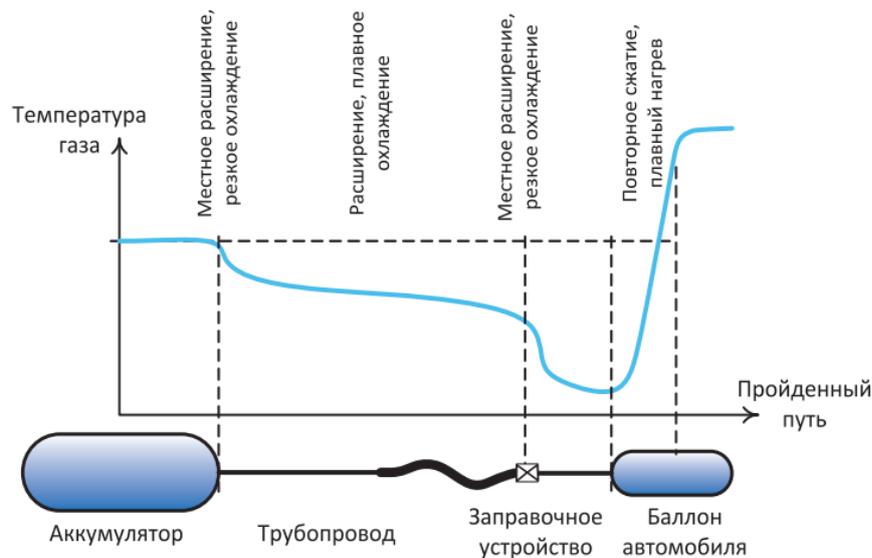


Рисунок 3.7 – Изменение температуры газа при его движении из аккумулятора в баллон

Нагрев обусловлен следующими причинами:

- давление в аккумуляторах выше, чем давление в баллоне, особенно в начале заправки;
- газ быстро проходит путь до баллона, теплообмена с окружающей средой практически нет, он происходит уже в баллоне, из-за этого композитный баллон, хуже проводящий тепло, нагревается сильнее, чем металлический.

Нагрев приводит к повышению давления в баллоне и остановке заправки. В баллон попадает меньше газа, чем он мог бы вместить при таком давлении и температуре окружающей среды.

Избежать нагрева можно, если сделать движение газа очень медленным, уменьшив перепад давлений на всем пути движения. Но понятно, что на практике никого не устроит очень медленная заправка.

3.3.3 Современная технология заправки транспорта

Современные АГНКС имеют важные отличия от АГНКС 1980-х годов:

– заправка по массе, отказ от регуляторов давления перед газозаправочной колонкой;

– наземное хранение газа;

– разделение аккумуляторов на секции с различным давлением газа.

Эти отличия оптимизируют стоимость заправочных станций, повышают эффективность и безопасность заправки.

Заправка по массе без регулятора давления.

Уменьшить время заправки можно, если не ограничивать расход газа регулятором, а дать ему возможность двигаться с максимально возможной скоростью. Современные расходомеры позволяют точно измерять массу газа, прошедшего через трубу, а контроллеры колонок – автоматически определять объем баллона (рисунок 3.8). При заправке блок управления ГЗК оценивает объем баллона и рассчитывает такую массу газа, которая создаст заданное давление с учётом сжатия и точно рассчитанным запасом на нагрев баллона. Заправка заканчивается по достижении заданной массы, как на ТРК для жидкого топлива. Отсутствие регулятора давления заметно увеличивает скорость наполнения баллонов, а расчёт массы и давления с учётом нагрева позволяет повысить наполняемость баллона. Также повышается стабильность заправки при разной температуре воздуха, так как дозируется именно масса, а не объем и давление газа.

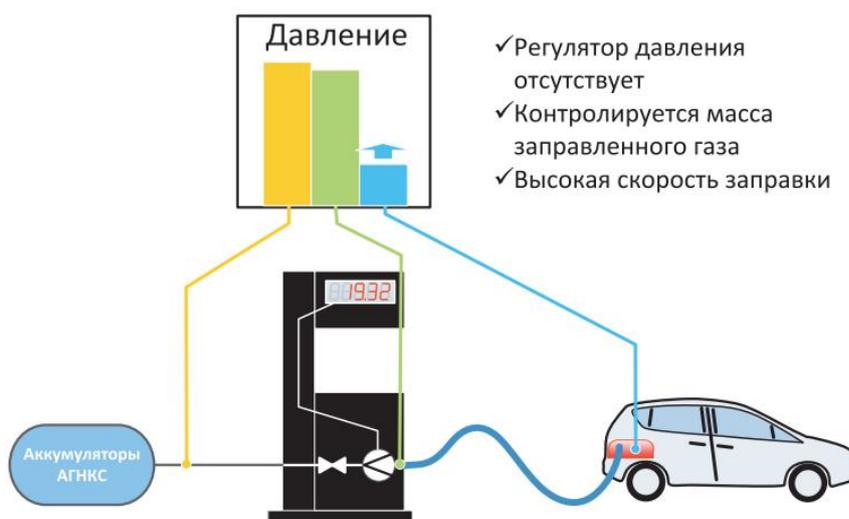


Рисунок 3.8 – Современная схема заправки

Клиент АГНКС может быть уверен, что в любое время года он получит одинаковую массу газа, а значит, одинаковый пробег транспорта между заправками, что важно при коммерческом использовании автомобиля и планировании его загрузки. На рисунке 3.9 показан график хода заправки на газозаправочной колонке ЛПА-ГЗК. Заправка выполняется по массе (с автоматическим измерением объёма баллона) без регулятора давления. В этом примере заправка 122 м³ газа (примерно эквивалентно 122 л бензина или ДТ) выполнена за 10 мин, что является хорошим результатом. После заправки и выравнивания температуры баллона устанавливается давление 19,6 МПа, равное заданному.

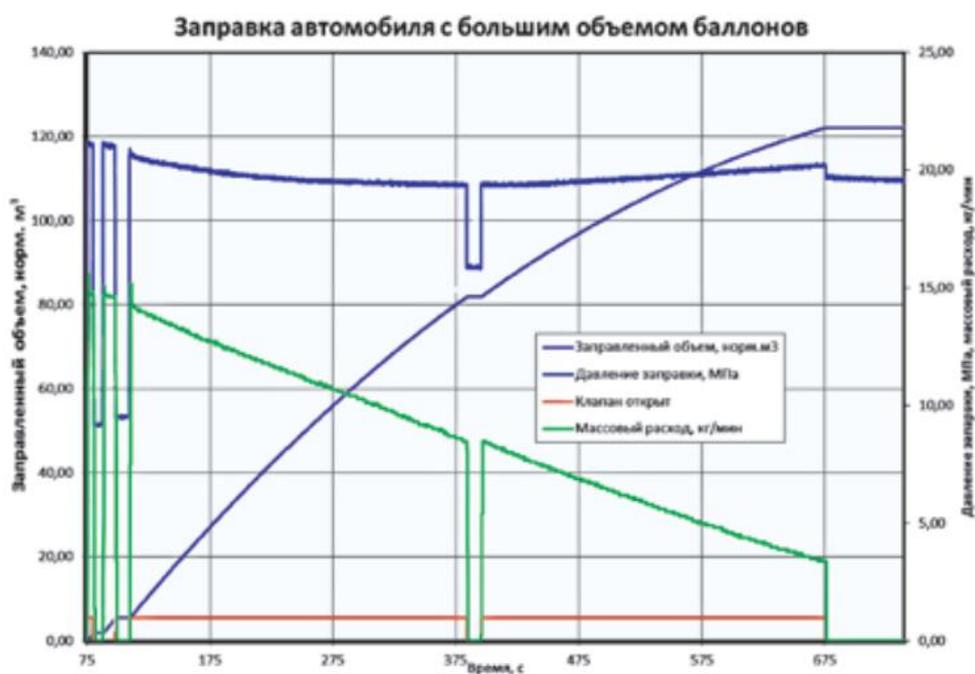


Рисунок 3.9 – График хода заправки

Снижаются затраты на строительство АГНКС, поскольку не нужен бункер с системой контроля загазованности, достаточно подготовленной площадки. Недостаток в том, что температура хранимого в аккумуляторах газа зависит от температуры окружающей среды. Зимой заправляется заметно больше газа, чем летом, и давление в баллоне может опасно повыситься, если автомобиль после заправки поместить в тёплый гараж. Только при заправке по массе с учётом температуры окружающего воздуха эксплуатация автомобилей будет полностью безопасной со стабильным заполнением баллонов в любое время года.

Метод разделения аккумуляторов на секции с различным давлением уменьшает энергозатраты на сжатие газа, увеличивает пропускную способность АГНКС и повышает эффективный (работающий) объем аккумуляторов.

3.4 Эксплуатация АГНКС

Ввести в эксплуатацию автомобильную газонаполнительную компрессорную станцию (АГНКС) – дело совсем не простое. Заправка является объектом, где газ не только реализуется, но и подвергается комплексной обработке. До сих пор так и не разработаны специальные нормативные документы, регулирующие их организацию. Компании вынуждены учитывать большое количество государственных стандартов, строительных, экологических норм, правил пожарной безопасности и т.д. ОАО «Газпром нефть» приводит следующий перечень этапов, которые необходимо пройти, прежде чем приступить непосредственно к строительно-монтажным и пусконаладочным работам:

- выбор и оформление земельного участка (который должен быть расположен на приемлемом удалении от газопровода территориальной газотранспортной системы);
- получение согласований и разрешений на внешнее инженерное обеспечение, включая газоснабжение и электроснабжение;
- получение доступа к фондам природного газа и согласований на его транспортировку по газотранспортной системе РФ;
- проведение инженерных изысканий на земельных участках, отведенных под строительство объекта и коммуникаций внешнего инженерного обеспечения;
- выбор поставщика основного технологического оборудования и заказчика по проектированию и строительству;
- проектирование объекта и коммуникаций внешнего инженерного обеспечения
- разработка и согласование в ходе проектирования специальных технических условий по сокращению санитарно-защитных зон и противопожарных разрывов в условиях городской застройки

– государственная защита проектной документации, поскольку заправочная станция относится к категории опасных производственных объектов

Состав проектной документации включает 13 разделов с многочисленными подпунктами. Как говорят в ООО «НПК ЛенПромАвтоматика», для того чтобы осуществить проект, ключевыми являются три основных условия.

Во-первых, наличие подходящего участка, отвечающего нескольким важным требованиям:

- удобство для подъезда машин в соответствующие зоны;
- расположение на определённом расстоянии от различных объектов – 25 м от промышленных предприятий, 30 м – от лесных массивов хвойных и смешанных пород (для лиственных пород достаточно 12 м), 35 м – от жилых и общественных зданий, 30 м – от железной дороги, 12 м – от автомобильной (рисунок 3.10);

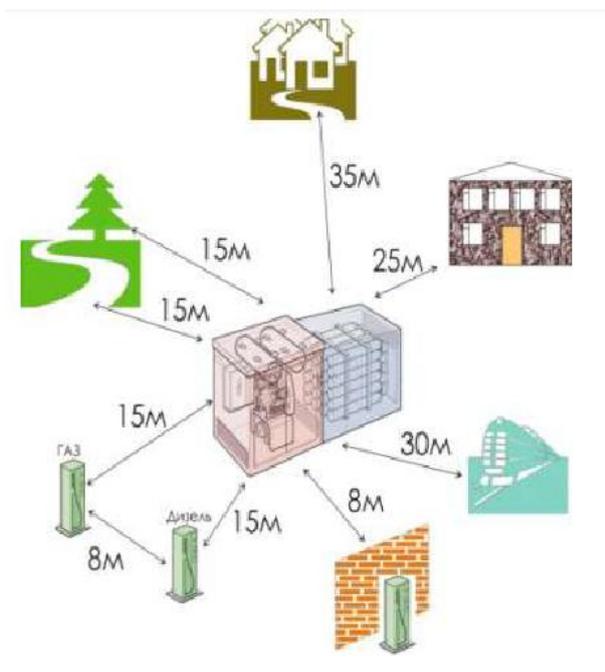


Рисунок 3.10 – Условия размещения оборудования АГНКС

Во-вторых, доступность газовой трубы с минимальным давлением в 2 атмосферы. Чем выше давление, тем меньшей мощности требуются компрессоры АГНКС и, соответственно, тем ниже эксплуатационные расходы. От газоснабжающей организации должны быть получены лимиты газа. В-третьих, достаточная электрическая мощность – около 300-500 кВт

Также одним из основных моментов это найти в условиях городской застройки подходящий участок, отвечающий всем необходимым требованиям. Процедуры выделения и оформления земельных участков под строительство, получения всех разрешительных документов и согласований, а также технических условий на подключение к сетям газо- и электроснабжения занимает основную часть времени от проектирования до ввода в эксплуатации автомобильной газонаполнительной компрессионной станции. Цена объекта, согласно цифрам, приводимым ОАО «Газпром нефть», стоимость оборудования, в зависимости от производительности и формата, может достигать 110 млн. рублей, а расходы на строительство составляют приблизительно 90 млн рублей.

Эксплуатация компрессорных установок должна отвечать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации поршневых компрессоров, работающих на взрывоопасных и токсичных газах», «Руководство по эксплуатации компрессорной установки» и «Правил технической эксплуатации и безопасного обслуживания оборудования автомобильных газонаполнительных компрессорных станций».

При эксплуатации компрессорных установок выполняются следующие виды технического обслуживания[34,42,43]:

- ежемесячное;
- через каждые 500 ч. –техническое обслуживание;
- через каждые 1500 ч. – техническое обслуживание;
- через каждые 3000 ч.- текущий ремонт;
- через каждые 6000 ч. - текущий ремонт;
- через каждые 12000 ч. – средний ремонт;
- через каждые 36000 ч. – капитальный ремонт.

Результаты технического обслуживания и ремонтов должны фиксироваться в ремонтном формуляре на компрессорную установку.

Подготовка компрессора: путём приведения в действие клавишного выключателя «компрессор-подготовка» обеспечивается готовность компрессора к

работе. Клавишный выключатель находится в пункте управления, и на месте на стойке для приборов.

Если предусматривается управление компрессором «на месте» то следует в пункте управления привести в действие переключатель по ключу, который служит для переключения обслуживания с «пункта управления» на «на месте».

В положении «на месте» возможно, вытянуть ключ. Этап «подготовка компрессора» служит для подогрева смазочного масла до потребляемой минимальной температуры в 20 °С.

В компрессорных помещениях должна быть обеспечена исправная и бесперебойная работа вентиляционных установок. При неисправной и выключенной вентиляции работа компрессоров не разрешается.

Компрессорное оборудование и помещение компрессорной должны содержаться в чистом виде.

Не разрешается устанавливать в компрессорной емкости для хранения масел. Запрещается загромождать проходы между компрессорами, материалами, оборудованием или какими либо предметами.

Все трущиеся части компрессора должны регулярно смазываться. При смазке не должно допускаться растирание и разбрызгивание смазочных материалов.

Ремонт компрессора во время работы запрещается. Ремонтные работы в компрессорной могут производиться только при условии применения инструментов и способов работ, исключающих возможность искрообразования и применения огня.

В корпусе компрессоров должны быть заземлены независимо от заземления электродвигателей. Подшипники компрессоров должны иметь достаточное количество смазки. Не допускается перегрев подшипников выше установленной нормы.

Эксплуатировать компрессоры с неисправными или отключенными блокирующими и сигнализирующими устройствами запрещается.

При остановке компрессора на продолжительное время, спускные краники, пробки и предохранительные клапаны должны быть открыты.

Ремонт электропроводки и смена электрических ламп в компрессорной, разрешается только при обесточенной сети.

При загорании, электродвигателей и электропроводки тушить только углекислотными огнетушителями, песком или кошмой. Категорически запрещается тушить водой и пенными огнетушителями.

При появлении и помещении компрессорной или в непосредственной от нее близости большого количества газа, обслуживающему персоналу необходимо принимать меры безопасности согласно плану ликвидации аварии.

АГНКС рассчитана на непрерывную работу без полных остановок на планово-предупредительные ремонты.

Номинальными условиями на всосе компрессорных установок являются:

- давление газа – $0,3 \div 0,5$ МПа;
- температура газа – минус $15 \div 15$ °С .

Расчётная производительность АГНКС по газу в первую смену – 3456 м³/ч.

Для обеспечения проектной производительности АГНКС на последней установлены две компрессорные установки типа 4HR3KN -200/210-5-249 WLK. Компрессорная установка производится в действии с электродвигателем мощностью 320 кВт.

На линии нагнетания компрессорных установок природный газ находится при:

- давлении – до 24,5 МПа;
- температуре – до + 40°С.

АГНКС включает производственно-технологический корпус и наружную установку отдельного технологического оборудования, автозаправочную с навесом из восьми постов с колонками и внешние инженерные коммуникации(газопровод подключения к газовым сетям, водопровод от городских сетей для хозяйственно-бытовых и противопожарных нужд, сеть канализации, теплопроводы, линии электропередачи от местных электросетей напряжением 6-10 кВ и телефонный кабель от сети местной телефонной станции).

Технологическое оборудование в основном размещают в производственно-технологическом корпусе, который включает компрессорное отделение, воздушную

компрессорную, отделение охлаждения воды и насосного оборудования, комплектную трансформаторную подстанцию КТП, вентиляционную камеру, щитовую, механическую мастерскую, отделение запорно-регулирующей арматуры, бытовые помещения и операторную.

Наружная установка технологического оборудования включает аккумуляторы газа, аппараты воздушного охлаждения, сепараторы и др.

В компрессорном отделении станции размещены компрессорные установки с холодильниками, установка осушки газа, блок редуцирования давления газа с 25 до 20 МПа, поступающего из сосудов-аккумуляторов в направлении к газозаправочным колонкам.

В насосном отделении станции установлено оборудование для обеспечения циркуляции воды в системе охлаждения газа и компрессорных отделении.

В воздушной компрессорной размещены компрессоры для подачи воздуха в систему управления продувочными клапанами газовых компрессорных установок.

Как привод используется двухскоростной электродвигатель, который продувается воздухом, в фланцевом исполнении НЧТ5-П с частотой оборотов 740/370 за минуту. Напряжение питания двигателя 380 В. Электродвигатель лимитирует частоту пусков компрессорной установки, она не должна превышать 5 включений в час, равномерно разделённых в часе. Допустимое число переключений частоты оборотов с 740 на 370 об/мин не больше 20 в час, при этом не раньше как через 3 минуты. Конструкция обеспечивает трехпозиционное регулирование подачи 100-50-0 %. Подача установки 470...940 м³/час при поглощении мощности 62...125 кВт.

Автозаправочные станции (АГНКС) предназначаются для обслуживания и заправки автомобилей и других машин горючим и смазочными материалами. Попутно на них реализуются масла, смазки и специальные жидкости, расфасованные в мелкую тару. К вспомогательным операциям, выполняемым на АГНКС, относятся мойка машин, их мелкий ремонт, торговля запасными частями. Неотъемлемой частью современных АГНКС являются кафе и магазин по торговле продуктами повседневного спроса. [45]

По способу установки и монтажа оборудования АГНКС делятся на стационарные и передвижные. Передвижные АГНКС (АГНКС) монтируются на раме и в зависимости от их назначения устанавливаются на автомобиле или автоприцепе. Они состоят из ёмкости, измерительных и раздаточных устройств, смонтированных на шасси транспортного средства. Стационарные АГНКС сооружаются по типовым проектам на 300, 500, 750 и 1000 заправок в сутки (1 заправка - 50 л топлива и 2 л масла). В их состав входят:

- подземные резервуары для хранения нефтепродуктов;
- топливо- и маслораздаточные колонки;
- помещения для обслуживающего персонала;
- другие помещения в соответствии с дополнительными функциями, выполняемыми АГНКС.

Основной отличительной особенностью стандартной АГНКС и рассматриваемой АГНКС является оборудование позволяющее насыщать природный газ водородом. За рубежом широко распространяются бортовые генераторы синтез-газа, но в таком случае приобретать данное оборудование придётся собственникам транспортных средств, что не скажется на хорошую покупательную способность водородонасыщенного природного газа. Поэтому принимается решение рассмотреть стационарный вариант заправочной станции.

Проанализировав газозаправочную инфраструктуру города (глава 1) можно выделить два варианта использования водородонасыщенного природного газа в качестве моторного топлива:

- модернизация действующей АГНКС;
- строительство новой АГНКС.

Более предпочтительным вариантом принимаем модернизацию действующей, тем более, что на основании данных загрузка станции составляет всего 5,5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований решена задача по водородонасыщению природного газа на автомобильной газонаполнительной компрессионной станции для заправки транспорта в г. Тольятти. В ходе диссертационного исследования получены следующие основные результаты и выводы:

- определены перспективы использования природного газа, как моторное топливо на транспорте;

- проведён анализ наличия газомоторной техники в городе и возможные перспективы её приобретения;

- проведён анализ технологий конверсии природного газа и определение возможности её применения на автомобильной газонаполнительной компрессионной станции (АГНКС);

- проведён анализ предъявляемых требований к строительству АГНКС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Карминский, В. Д.** Экологические проблемы и энергосбережение : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта [Текст] / В. Д. Карминский [и др.] ; под общ. ред. В. Д. Карминского. - М. : Маршрут, 2004. - 590, [1] с. : ил., табл.; 21 см, SBN 5-89035-139-7

2 **Александров, В. Ю.** Экологические проблемы автомобильного транспорта [Текст]: Аналит. обзор / В. Ю. Александров, Л. И. Кузубова, Е. П. Яблокова; Новосиб. обл. ком. по экологии и природ. ресурсам, ПО "Север". - Новосибирск : ГПНТБ, 1995. - 112 с. : ил.; 21 см, ISBN 5-7623-0862-6.

3 **Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 году»** [Текст] М.: Государственный центр экологических программ, 1999. - 574 с.

4 **Денисов, В. И.** Экологические проблемы автомобильного транспорта [Текст] : учебное пособие / В. И. Денисов, Л. Л. Зотов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Нац. минерально-сырьевой ун-т "Горный". - Санкт-Петербург : Нац. минерально-сырьевой ун-т "Горный", 2012. - 115, [3] с. : ил.; 20 см. ISBN 978-5-94211-591-3.

5 **Гайнуллин, Ф. Г.** Природный газ как моторное топливо на транспорте [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ф. Г. Гайнуллин и др. - Москва : Недра, 1986. - 255 с. : ил.

6 **Ясенков, Е.П.** Элементы автотранспортного комплекса и их воздействие на окружающую среду / Е. П. Ясенков // Автомобильная промышленность, 2007. - № 8. – С. 4 - 6

7 **Гетманец, Г.В.** Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта [Текст] : Справ. пособие / Г. В. Гетманец, В. А. Лиханов. - М. : АСПОЛ, 1993. - 329, [1] с. : ил.; 22 см.

8 **Ракузин, М. А.** Природный газ : Его свойства, состав, распространение, утилизация и методы исследования / М.А. Ракузин. - Москва : ред. Вестн. приклад. химии и хим. технологии, 1917. - 66 с., 3 л. черт. : табл., черт.; 23.

9 **Кортунов, А. К.** Природный газ Франции [Текст] / А. К. Кортунов, В. А. Динков, З. Н. Закиев и др. ; Под общ.ред. А. К. Кортунова. - Москва : Недра, 1968. - 156 с. : ил.; 22 см.

10 **Деточенко, Л. В.** Компримированный природный газ как новый фактор в географии мирового энергетического хозяйства [Текст]/ Л. В. Деточенко: автореферат дис. кандидата географич. наук : 11.00.02 / Моск. пед. гос. ун-т. - Москва, 1995. - 17 с.

11 **Гайворонский, А. И.** Совершенствование технологий использования природного газа в качестве моторного топлива [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. И. Гайворонский, Д. А. Савченков, В. А. Федоров. - Москва : ИРЦ Газпром, 2006. - 111 с. : ил., табл.; 21 см.

12 **Гриценко, А. И.** Природный газ и окружающая среда [Текст] / А. И. Гриценко, Г. П. Босняцкий, А. Д. Седых. - М. : АО "Газойльпресссервис", 1994. - 64 с.; 20 см.

13 **Жданов, В. Л.** Экологические проблемы автомобильного транспорта [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Технология транспортных процессов" (профили подготовки "Организация и безопасность движения", "Региональный и городской транспортный комплекс") / В. Л. Жданов, Е. А. Григорьева, А. Н. Карасев ; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Кузбасский гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева", Фил. КузГТУ в г. Новокузнецке. - Кемерово : Кузбассвузиздат, 2014. - 202 с. : ил., табл.; 21 см, ISBN 978-5-202-01241-9.

14 **Гайнуллин, Ф. Г.** Использование природного газа в качестве моторного топлива [Текст]/ Ф. Г. Гайнуллин, А. С. Осенний, Ю. Н. Васильев, В. А. Маковский.— Газовая промышленность. 1983, .Ns 5, с. 16—18.

15 **Whitehouse, H. D.** Advances in British dual fuel and gas engines / Whitehouse H.D. // Diesel Eng. and Esers Assoc. 1973. - № 353. - P. 1-11.

16 **Галышев, Ю. В.** Конвертирование рабочего процесса транспортных ДВС на природный газ и водород : автореферат дис. доктора технических наук : 05.04.02 / Галышев Юрий Витальевич; [Место защиты: С.-Петерб. политехн. ун-т]. - Санкт-Петербург, 2010. - 32 с.

17 **Лисицын, Е. Б.** Современные тенденции расширения производства КПП и развития АГНКС ООО "Кавказтрансгаз" [Текст]: обзорн. информ. / Е. Б. Лисицын, Р. В. Богославцев, А. А. Пятибрат. - Москва : ИРЦ "Газпром", 2005 (Б. м. : Асконлайн). - 143 с. : ил., табл.; 21 см.

18 **Арский, А. К.** Природный газ в энергетике США [Текст] / Под ред. В. М. Гальперина. - Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1963. - 208 с. : черт.; 20 см.

19 **Гриценко, А.И.** Энергосберегающие технологии при добыче, транспорте и использовании газа в России и за рубежом [Текст] / Под научной редакцией чл.-кор. РАН, д.т.н., проф. А.И. Гриценко-М: ВНИИГАЗ, Энергосбережение, 1997. - 300 с.

20 **Ткачева, Н. Н.** Нефть и природный газ в современной политике [Текст] / Ткачёва Наталья Николаевна, Ткачёв Сергей Викторович. - Владивосток : Морской гос. ун-т, 2010. - 180, [11] с. : ил., карт., табл.; 21 см. ISBN 978-5-8343-0585-9

21 **Боксерман, Ю. И.** Перевод транспорта на газовое моторное топливо [Текст] / Ю. И. Боксерман, Я. С. Мкртычан, К. Ю. Чириков. - М. : Недра, 1988. - 218, [2] с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-247-00316-0 : 75 к.

22 **Лисицын, Е. Б.** Современные тенденции расширения производства КПП и развития АГНКС ООО "Кавказтрансгаз" [Текст]: обзорн. информ. / Е. Б. Лисицын, Р. В. Богославцев, А. А. Пятибрат. - Москва : ИРЦ "Газпром", 2005 (Б. м. : Асконлайн). - 143 с. : ил., табл.; 21 см.

23 **Маркин, С. В.** Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду / С. В. Маркин // Газовая промышленность. — 1999. № 10. - С. 12.

24 **Жуков, С. Н.** Природный газ — моторное топливо XXI века / С. Н. Жуков // Промышленность сегодня. 2001. - № 2. - С. 12.

25**Кириллов, Н.Г.** Моторное топливо XXI века / Н. Г. Кириллов // Энергия. 2007. -№8.-С. 2-5.

26**Гавриленко, С.Д.** Программные шаги газомоторизации[Текст] / С.Д. Гавриленко // Газовая промышленность. 1997. - № 2. - С. 45.

27**Чириков, К. Ю.** Международное сотрудничество по проблеме использования газового моторного топлива[Текст] / В.Б. Перетряхина, Р.О. Самсонов и др. // Природный газ в качестве моторного топлива. Использование газа: Науч.-техн. сб. - М.: ИРЦ Газпром, 1997. 81 с.

28**Регионы России. Социально-экономические показатели:** Статистический сб. — М. : Госкомстат России, 2003. 896 с.

29**Григорьев, Е. Г.** Газобаллонные автомобили [Текст] : учеб.пособие / Е. Г. Григорьев, Б. Д. Колубаев, В. И. Ерохов, А. А. Зубарев. - М. : Машиностроение, 1989. - 212,[1] с. : ил.; 22 см.

30**Пронин, Е. Н.** Меры стимулирования использования природного газа в качестве моторного топлива [Текст] :международный научно-технический журнал АвтоГазозаправочный Комплекс + Альтернативное топливо№4 (34) / Е.Н. Пронин ; М-во РФ по делам печати : ООО «АГЗК + АТ», 2007. – 84 с.: ил., табл. ; 21.

31**Подгорный, А. Н.** Водород - топливо будущего [Текст] - Киев : Наук. думка, 1978. - 133 с. : ил.; 20 см.

32**Гамбург, Д. Ю.** Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение : Справочник / [Д. Ю. Гамбург и др.]; Под ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубовкина. - М. : Химия, 1989. - 671,[1] с. : ил.; 22 см. ISBN 5-7245-0034-5 (В пер.) : 3 р.

33**Чириков, К. Ю.** Международное сотрудничество по проблеме использования газового моторного топлива[Текст] / В.Б. Перетряхина, Р.О. Самсонов и др. // Природный газ в качестве моторного топлива. Использование газа: Науч.-техн. сб. - М.: ИРЦ Газпром, 1997. 81 с.

34**Коротеев, А. С., Смоляров В.А.** Автомобиль и водород: встречу отменить нельзя [Текст] / А. С.Коротеев, Смоляров В.А. // Энергия. – № 4. – 2004. – С. 3-10

35 **Вырубов, Д. Н.** Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова.: учебник для вузов.; -М.: Машиностроение, 1983 - 372 с.

36 **Степанов, А. В.** Получение водорода и водородсодержащих газов [Текст] / А. В. Степанов. - Киев : Наук. думка, 1982. - 310 с. : ил.; 21 см.

37 **Кузык, Б. Н.** На пути к водородной энергетике [Текст]/ Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.И. Яковец. – М.: Ин-т эконом. стратегий, 2005. 3. Мельник Г.В. Водород – энергоноситель XXI века // Двигателестроение. – 2005 – № 3 (221). – С. 48-49.

38 **Мищенко, А. И.** Применение водорода для автомобильных двигателей [Текст] / А. И. Мищенко. - Киев : Наук. думка, 1984. - 141 с. : ил.; 20 см.

39 **Русаков, М. М.** Водород и токсичность ДВС [Текст] / М. М. Русаков, Л. Н. Бортников, В. Н. Пелипенко // Международный научный семинар «Водородные технологии 21 века». – СПб, 1997. – С. 247-249.

40 **Стаценко, В. Н.** Перспективы повышения экологической безопасности судовых энергетических установок [Текст] / В.Н. Стаценко, Ю.В. Якубовский // Судостроение. – № 5. – 2003. – С. 28-31.

41 **Hellen, G.** Emission control of medium speed diesel engines in marine applications [Text] / G. Hellen// Proceedings of International Shipbuilding Conference (ISC). Section G. “Ecology and Environmental Protections”, St. -Petersburg, 1994.

42 **Мкртычан, Я. С.** Система обеспечения автотранспорта сжатым природным газом / Мкртычан, Я.С., Чириков К.Ю. // Газовая промышленность -1985-№ 6. - С. 26-28

43 **Хавранек, П.М.** Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований: [Текст] / пер. с англ. А. Н. Кабанов М.: АОЗТ Интерэксперт, 1995. - 344 с.

44 **Абрамчук, Ф. И.** Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 24. – С. 45-49.

45 **Брызгалов, А. А.** Добавка водорода в метановоздушную смесь газового двигателя [Текст] / А. А. Брызгалов, А. П. Шайкин // Международный научный симпозиум «Автотракторостроение – 2009». - М. : МГТУ, 2009. – С. 25-33.

46 **Гатауллин, Н. А.** "Влияние добавок водорода на экономические и экологические показатели газового двигателя Камаз-820.53-260"/ Н. А.Гатауллин и др.

47 **Мищенко, А.И.** Состояние работ по исследованию водорода в качестве дополнительного топлива для автомобильных двигателей // Проблемы экономии топлива на автомобильном транспорте. М., 1983. — с. 17-27.

48 Гамбург, Д. Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение [Текст] / Д. Ю. Гамбург и др. – М.: Химия. - 1989

49 **Вагнер, В. А.** Улучшение экономических и экологических характеристик дизелей методом насыщения жидкого топлива водородом // Автореферат диссертации к. т. н., АлТГУ. Барнаул, 1984.

50 **Deltoro, A.** Development and demonstration of hydrogen and compressed natural gas (H/CNG) blend transit buses [Text] / A. Deltoro, M. Frailey, F. Lynch // Technical report, 2005. – 30 p.

51 **Ramesh, A.** ,Nagalingam B. Effect of hydrogen induction on the performance of a natural-gas-fuelled lean-burn SI engine [Text] / A. Ramesh, B. Nagalingam. J Inst Energy 2000; 73(496): 143-8.

52 **Gupta, M.** Extension of the lean operating limit for natural gas fueling of a spark ignited engine using hydrogen blending [Text] / Combust Sci Technol 1997; 123 (1-6):23-48.

53 **Phillips, J. N.** Hydrogen-enriched natural gas offers economic NOx reduction alternative [Text] / Power Eng (Barrington, Illinois) 2000; 104(5):3.

54 **Bauer, C. G.** "Effect of Hydrogen Addition on the Performance of Methane-Fueled Vehicles. Part I: Effect on S.I. Engine[Text] / Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 26, pp. 55-70(2001).

55 **Письмен, М. К.** Производство водорода в нефтеперерабатывающей промышленности [Текст] / М. К. Письмен. - Москва : Химия, 1976. - 208 с. : ил.; 22 см.

56 **Смоленский, В. В.** Особенности процесса сгорания в бензиновых двигателях при добавке водорода в топливно-воздушную смесь [Текст] / В. В. Смоленский // Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. - Тольят-ти, 2007.

57 **Ахметов, С. А.** Физико-химическая технология глубокой переработки нефти и газа : Учеб. пособие / С. А. Ахметов ; Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 1997-. - 20 см. - ISBN 5-7831-0076-5

58 **Коршак, А.А.** Основы нефтегазового дела [Текст] / А.А. Коршак, А.М.Шаммазов: Учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. -528 с.: ил.

59 **Корж, В. В.** Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций [Текст] / В. В. Корж: учеб. пособие – Ухта: УГТУ, 2010. – 184с.

60 **Цагарели Д.В., Бондарь В.А., Зоря Е.И.** Технологическое оборудование автозаправочных станций (комплексов). Автозаправочные станции [Текст] / Д. В.Цагарели, В.А. Бондарь, Е.И. Зоря – М.: ООО «Паритет Граф», 2000. – 407 с.

61 **Бондарь, В. А.** Операции с нефтепродуктами. Автозаправочные станции [Текст] / В.А.Бондарь, Е.И. Зоря, Д.В. Цагарели – М.: ООО «Паритет Граф», 2000. – 338 с.

62 **Плитман, И. Б.** Справочное пособие для работников автозаправочных и автогазонаполнительных станций [Текст] / И.Б. Плитман учеб. пособие – М.: Недра, 1982. – 189 с.

63 **Бортников, Л. Н.** Некоторые особенности горения бензовоздушной смеси в цилиндре ДВС [Текст] / Л. Н. Бортников // Физика горения и взрыва №4, 2007.

64 **Халушаков, З. Б.** Автозаправочные станции [Текст] / З.Б.Халушаков, Пинский В.М. – М.: Недра, 1980. – 328 с.

65 **Губин, В. Е.** Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепродуктопроводов [Текст] / В. Е. Губин, В. Ф. Новоселов, П. И. Тугунов. - Москва : Недра, 1968. - 157 с. : черт.; 21 см.

66 **Волгушев, А. Н.** Автозаправочные станции. Оборудование. Эксплуатация / А.Н. Волгушев, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков. - СПб. : Изд-во ДНК, 2001. - 175 с. : ил., табл.; 24 см. - (Технологическое оборудование предприятий нефтепродуктообеспечения / [Науч.-произв. информ.-консультац. центр (НПИКЦ)]) ISBN 5-901562-13-5

67 **Жданова, Н. В.** Осушка природных газов [Текст] / Н. В. Жданова, А. Л. Халиф. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1975. - 158 с., 1 л. граф. : ил.; 20 см.

68 **Гайнуллин, Ф. Г.** Использование природного газа в качестве моторного топлива [Текст] / Ф. Г. Гайнуллин, А. С. Осенний, Ю. Н. Васильев, В. А. Маковский. — Газовая промышленность. 1983, .Ns 5, с. 16—18.

69 **Васильев, Ю. Н.** Особенности процесса заправки автомобилей сжатым природным газом [Текст] / Ю. Н. Васильев, Л. С. Золотаревский. Л. А. Гнедова. В. Е. Муромцев. - Исследования в области эксплуатации газотранспортного оборудования (Тр. ВНИИГАЗа), 1983.

70 **Сафин, А.Х.** Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции [Текст] / А. Х. Сафин, И. И. Новиков, К. Ю. Чириков. - М. : ЦИНТИхимнефтемаш, 1986. - 58, [1] с. : ил.; 22 см.

71 **Жданов, Р. А.** Нефтебазы и газохранилища [Текст]: Учеб. пособие / Р. А. Жданов. - Уфа : УНИ, 1985. - 87 с. : ил.; 20 см.

72 **Временные методические указания по определению коммерческой эффективности новой техники в ОАО «Газпром»:** Утв. ОАО «Газпром» 17.08.01.- М., 2001.-38 с.

73 **Мостовой, Н.Ф.** Надежность и совершенствование эксплуатации автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) [Текст] / Н.Ф. Мостовой, В.А. Маслов, В.Ю. Рамеев: Информационно-методические материалы. - М. : ИРЦ Газпром, 1999. - 150 с.

74 Основные положения по проектированию автомобильных газонаполнительных компрессорных станций АГНКС.[Текст], утверждённые Госстроем СССР и Мингазпромом СССР (28.10.81г.).

75 Шебеко, Ю. Н. Методы оценки поражающих факторов пожаров и взрывов на наружных технологических установках[Текст] / Ю. Н. Шебеко// Пожаровзрывобезопасность, 1999, т. 8. № 4. С. 18 - 28.