

**Б.И.БАЗАРОВ, А.Х. ВАСИДОВ,
Р.Н. АХМАТЖАНОВ, И.Б. АСКАРОВ**

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ И УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТЕ

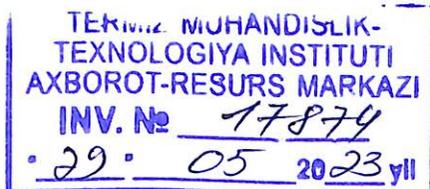


Б.И.Базаров, А.Х. Васидов, Р.Н. Ахматжанов, И.Б. Аскарлов

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ И УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТЕ

Рекомендовано в качестве учебника Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан для студентов по специальности 70712505-«Эксплуатация и испытания двигателей внутреннего сгорания», бакалавров по направлениям 60712500-«Инженерия транспортных средств» и 60710400- «Экология и охрана окружающей среды»

«ZEBO PRINT»
Ташкент-2022



УДК 621.43:662.84
ББК 31.365: 31.35

Рецензенты:

д.т.н., проф. **В.И.Ерохов** – (Московский автомеханический институт);

доцент, к.т.н. **С.А. Калауов** – (Академия МВД Республики Узбекистан);

к.т.н. **Ш.И.Эрбеков** – (Научно-производственный центр «Уз-автотранстехника»).

В данном учебнике приводятся основные материалы, связанные с изучением эксплуатационных свойств альтернативных энергетических источников и конструкции, использования альтернативных энергетических установок для различных транспортных, стационарных средств.

Приведенные материалы предназначены для преподавателей, студентов и докторантов высших технических учебных заведений, слушателей курсов повышения квалификации, а также широкого круга руководящих, научных и практических работ.

ISBN 978-9943-8465-2-4

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Условные обозначения, сокращений	8
Краткий глоссарий основных терминов	13
Раздел первый. Современное состояние производства и использование альтернативных энергетических источников и установок на транспорте.....	26
1. Современные энергетические, топливно-экономические и экологические проблемы эксплуатации транспорта	26
2. Виды энергии и топлив на транспорте. Энерго-экологические требования, предъявляемые к современным энергетическим источникам и силовым установкам	29
3. Энергетические, экономические, экологические и социальные основы использования альтернативных энергетических источников и установок на транспорте	33
Раздел второй. Использование альтернативных источников энергии на транспорте.....	36
4. Современные альтернативные энергетические источники	36
4.1. Природный газ. Сжатый и сжиженный природный газ.....	40
4.2. Сжиженный нефтяной газ	47
4.3. Водно-топливные эмульсии	51
4.4. Биодизельное топливо	66
4.5. Азотоводородное топливо	74
4.6. Шахтный газ.....	75
4.7. Генераторный и канализационный газы.....	76
4.8. Спирты и эфиры	80
4.9. Метанол (Биометанол).....	81
4.10. Этанол (Биэтанол)	93
4.11. Бутанол (Биобутанол)	95
4.12. Диметиловый эфир.....	98
4.13. Биогаз (Биометан)	114
4.14. Водород	118
4.15. Синтетические топлива из угля, горючих сланцев, биомассы и природного газа	128
5. Системы питания альтернативных моторных топлив	133
5.1. Системы питания сжиженного нефтяного газа	137
5.2. Системы питания сжатого природного газа.....	153

5.3. Системы питания сжиженного природного газа	155
5.4. Газовые баллоны сжиженного нефтяного газа	156
5.5. Газовые баллоны сжатого природного газа	158
5.6. Газовые баллоны сжиженного природного газа.....	164
5.7. Зарубежные производители газобаллонного оборудования природного и сжиженного нефтяного газов	166
Раздел третий. Альтернативные транспортные и стационарные энергетические установки.....	167
6. Транспортные энергетические установки, работающие на различных газообразных топливах	167
6.1. Автотранспортные средства на сжиженном нефтяном газе.....	167
6.2. Автотранспортные средства на сжатом природном газе.....	169
6.3. Автотранспортные средства на сжиженном природном газе	173
7. Стационарные энергетические установки, работающие на различных газообразных топливах	175
Раздел четвертый. Эксплуатация транспортных и стационарных энергетических установок на альтернативных моторных топливах.....	180
8. Показатели и характеристики газовых двигателей без наддува и с наддувом	180
9. Нормирование энергетических и экологических показателей газобаллонной техники.....	185
9.1. Энергетические показатели газобаллонной техники	186
9.2. Экологические показатели газобаллонной техники.....	187
10. Сравнительные испытания транспорта на альтернативных моторных топливах и критерии оценки их эффективности	189
11. Правила безопасности эксплуатации газобаллонной техники	196
11.1. Требование к переоборудованию автотранспортной техники на альтернативные моторные топлива.....	196
11.2. Требования к эксплуатации газобаллонной техники	197
11.3. Техническое обслуживание и ремонт газобаллонных автомобилей	198
12. Нормативно-правовые и руководящие документы по использованию альтернативных энергетических источников энергии.....	208

12.1. Стандарты зарубежных стран по использованию альтернативных моторных топлив	208
12.2. Стандарты отечественные и стран содружеств по использованию альтернативных моторных топлив	210
Раздел пятый. Средства заправки альтернативными моторными топливами транспортных средств и стационарных установок.....	213
13. Автомобильные газозаправочные станции	213
14. Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции	216
15. Передвижные средства заправки транспортных средств газом.....	217
Раздел шестой. Альтернативные энергетические установки	219
16. Альтернативные энергетические установки для транспорта	219
17. Прогнозы по развитию энергоустановок для транспорта	224
18. Современные концепции развития транспорта	225
Список использованной литературы.....	234
Приложение А. Ученые и специалисты, внесшие значительные вклад по использованию альтернативных моторных топлив в Узбекистане.....	236
Приложение Б. Примерный состав газобаллонного оборудования для дизелей на питание сжатым природном газом.....	240
Приложение В. Расчет эффективности перевода дизелей на питание сжатым природном газом	241
Приложение Г. Программа обучения кадров по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и их эксплуатации	242
Приложение Д. Контрольные вопросы для изучения эксплуатации газобаллонной техники.....	260

ВВЕДЕНИЕ

*Посвящается поддерживающих нас
родителям, родным, детям, внукам, друзьям,
коллегам и ученикам*

Наш век отличается динамичным развитием различных отраслей экономики многих стран, включая транспорт, которое привело к значительному улучшению показателей жизни. Следует отметить, что данная картина не является однозначно положительной, сопровождавшейся катастрофически истощением природных ресурсов, загрязнением окружающей среды, изменением климата и тем самым ухудшением здоровья жителей земного шара. В этой связи всемерное использование и обеспечение условий устойчивого развития становится весьма актуальной.

С другой стороны автомобильно-дорожный комплекс, сельскохозяйственная и дорожно-строительная техника являются основными составляющими экономики любого государства и одновременно-основными потребителями нефтепродуктов и источниками загрязнений окружающей среды.

Применение экологически чистых альтернативных источников энергии и энергетических установок являются наиболее рациональным решением указанных проблем и основополагающим условиям устойчивого транспорта и устойчивого развития в целом.

В этой связи рассматриваемая дисциплина изучает теоретические и практические вопросы использование экологически чистых альтернативных источников энергии и энергетических установок для различных транспортных и стационарных средств, а также особенности их эксплуатации.

С момента издания учебного пособия (2005 г.) и монографии (2014 г.) с такими названиями поступили множество предложений о подготовке издания подобного учебника, что и было реализовано.

В Узбекистане в деле использование альтернативных моторных топлив большой вклад внесен проф. А.А.Муталибовым

и его научной школой, которая в настоящее время успешно развивается.

Данный учебник также включает материалы комплекса «Разработка научно-производственных основ эксплуатации автомобилей и сельскохозяйственной техники Узбекистана на углеводородных газах», представленные на соискание Государственной премии Республики Узбекистан в области науки и техники в 2011, 2013 и 2015 гг.

Авторы выражает искреннюю благодарность профессору В.И. Ерохову (МАМИ), профессору Ю.В. Трофименко (МАДИ), профессору Б.Р. Тулаеву (ТГТУ) за сделанные полезные рекомендации при обсуждении рукописи, а также Магдиеву К.И., Сидикову Ф.Ш. и Алимову Ш.И. в оформлении данного учебника.

Условные обозначения, сокращений

AGR(AGR/EGR- exhaust gas recirculation)- рециркуляция отработавших газов
ACT(Accelerated Technology) – ускоренные технологии
AGR (EGR/AGR- Exhaust gas recirculation)- система рециркуляции отработавших газов
AFV (alternative fuel vehicle) - транспортное средство, работающее на альтернативном виде топлива
ASTM (International American Society for Testing and Materials) — американская международная добровольная организация, разрабатывающая и издающая стандарты
АТС – автотранспортные средства
BEV(A Battery Electric Vehicle) - электромобиль с аккумулятором
BSCH, BSCO, BSNO_x, (BC – brake specific) – удельные выбросы вредных веществ, приходящиеся на единицу мощности
BTU (British Thermal Unit) - британская тепловая единица (1 BTU равен 0,2931 Вт)
CRT(Continuously Regenerating Trap)- фильтр с непрерывной очисткой ОГ
CNG (compressed natural gas) – сжатый природный газ (СПГ)
CO (carbon monoxide) – оксид (монооксид) углерода (CO)
CO₂ (carbon dioxide)- двуоксид (диоксид) углерода (CO₂)
CCS (Carbon Capture and Storage) – улавливания и захоронения CO₂
INGV(Global International Natural Gas Vehicles Association)- Международная газомоторная ассоциация
IRENA(International Renewable Energy Agency) - Международное агентство по возобновляемой энергии
DI (direct injection) – непосредственное впрыскивание
DIN - Германский институт стандартизации
DOC (Diesel Oxidation Catalytic Converter) – Дизельный каталитический нейтрализатор
EN – Европейский стандарт
ENGVA (European Natural Gas Vehicles Association)- Европейская газомоторная

ассоциация
ECE (Economic Commissions for Europe) – Европейская экономическая комиссия (ЕЭК)
EEC (European Economic Community) – Европейская экономическая комиссия (ЕЭК)
EEV – стандарты на экологически «чистые» АТС
EGR (exhaust gas recirculation) – система рециркуляции отработавших газов (РОГ)
ELR – европейские испытания с зависимым от нагрузки ездовым циклом (тест на дымность)
EPA (Environmental Protection Agency) – Агентство по охране окружающей среды
ESC (European Stationary cycle) – европейский стационарный цикл
ETC (European transient cycle) – европейский цикл для неустановившихся условий работы
EUDC (extra urban drive cycle) – загородный европейский ездовой цикл
ERP (Enterprise Resource Planning) - планирование ресурсов
FCV_s (Fuel Cell Vehicles) – транспортные средства на водородных топливных элементах
FAME (Fatty Acid Methyl Ester) – метиловые эфиры жирных кислот или биодизельное топливо
GDI (Gasoline Direct Injection)– непосредственный впрыск бензина
HC (hydrocarbons) – углеводороды
KAFF (corporate average fuel economy) – обобщенный редний (корпоративный) показатель топливной экономичности
LEV (Low Emission Vehicle) - автомобиль с низким уровнем выбросов
LPG (liquefied petroleum gas) – сжиженный нефтяной газ (СНГ)
LNG (liquefied natural gas) – сжиженный природный газ (СжПГ)
MAP (manifold absolute pressure) – абсолютное давление впускного трубопровода
NO_x (oxides of nitrogen) – окислы азота

NEV(A neighborhood electric vehicle) – низкоскоростной электромобиль с аккумулятором, который способен двигаться с максимальной скоростью 25 миль в час (от 32 до 40 км / ч) и имеет максимальный загруженный вес 3000 фунтов(1400 кг)

PM (particulate matter) – твердые частицы

PM-KAT(catalyst system particulate matter) - самовосстанавливаемый сажевый фильтр, совмещенный с глушителем и катализатором нейтрализатором

PHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle) - гибридный электромобиль с подзарядкой от сети

PROCO (Programmed Combustion Process) - запрограммированный процесс горения

SA (spark advance) – угол опережения зажигания

SI (the spark ignition engine) – двигатель с искровым зажиганием

SULEV (Super-ultra-low-emission vehicle) - автомобиль со сверхнизким уровнем выбросов

SCR (Selective Catalytic Reduction) - селективное каталитическое восстановление

TLEV (Transitional Low Emission Vehicle) - переходный автомобиль с низким уровнем выбросов

UDC (urban drive cycle) – городской ездовой цикл

ULEV (Ultra low emission vehicle) – автомобиль со сверхнизким уровнем выбросов

ZEV(The Zero Emission Vehicle) – автомобиль с нулевым уровнем выбросов

АБР – Азиатский Банк развития

ВБ – Всемирный Банк

ВВП – Валовой внутренний продукт

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ВТЭ – водно-топливная эмульсия

ГРМ – газораспределительный механизм

ГЭЭ – Государственная экологическая экспертиза

ГЭФ (GEF) – Глобальный экологический фонд

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ДМЭ – диметилловый эфир

ЕБРР – Европейский Банк реконструкции и развития

ЕС – Европейский союз

ЕЭК ООН – Европейская экономическая комиссия организации объединенных Наций

ЖЦ – жизненный цикл

ИЭК – Индекс экологической устойчивости

МГЭИК- Межправительственная группа экспертов по изменению климата

МЭА – Международное энергетическое агентство

ОГ – отработавшие газы

УОВ – угол опережения впрыска

УОЗ – угол опережения зажигания

ООС – охрана окружающей среды

ОС – окружающая среда

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ПГ – парниковые газы

СНГ(LPG) – сжиженный нефтяной (пропан-бутановый) газ

СПГ (CNG)– сжатый природный газ

СжПГ(LNG)-сжиженный природный газ

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы

Т н.э – тонна нефтяного эквивалента ($Q_H=41.87$ МДж/кг)

УТ у.э. – условное топливо в угольном эквиваленте ($Q_H=27,91$ МДж/кг)

УТ – условное топливо ($Q_H=29,3$ МДж/кг)

ЦПГ – цилиндропоршневая группа двигателя:

R–рядный

V– v-образный

S–без наддува

L–с наддувом

LL–с наддувом и охлаждением надувочного воздуха

LLK–с наддувом, охлаждением воздуха и с компрессором

тип топлива:

N–нормальный бензин

S–бензин супер (ROZ 95)

SP–бензин супер плюс (ROZ 98)

SV–бензин супер очищенный

D– дизель
способ подготовки смеси:
В/V–бензиновый с карбюратором
В/Е–бензиновый с непосредственным впрыском
В/Т– бензиновый с турбонаддувом
D–дизель
D/T–дизель с турбонаддувом
катализаторы:
G–регулируемый
U–нерегулируемый
N–возможность оснащения
O–оксидный (дизель)
SO₂–двуокись серы (диоксид серы)
Гг – гига грамм (10⁹ грамм)
кг – килограмм
км – километр
мг – миллиграмм (10⁻³ грамм)
мкг – микрограмм (10⁻⁶ грамм)
% мас. – процент по массе
% об.– процент по объему

Краткий глоссарий основных терминов

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС-CNG fueling station)-комплекс, осуществляющий заправку автомобилей и других транспортных средств, двигатели которых рассчитаны на работу на сжатом природном газе.

Автомобильная газозаправочная станция (АГЗС)-комплекс, осуществляющий заправку автомобилей и других транспортных средств, двигатели которых рассчитаны на работу на сжиженном нефтяном газе.

Альтернативное топливо- жидкие и газообразные топлива, которые могут быть использованы в качестве моторного топлива и не относятся к его традиционным нефтяным видам.

Аналоговые датчики (Analog Sensors) – измерительные преобразователи, преобразующие контролируемую величину в удобный для передачи, измерения и регистрации аналоговый, т.е. непрерывный во времени электросигнал.

Аттестация – комплекс испытаний приборов, методик (измерений) анализа, проводимых в соответствии с требованиями соответствующих государственных стандартов.

Баллоны высокого давления (high pressure ballons) или газовый баллон – бортовой баллон высокого давления (сосуд под избыточным давлением), используемой для хранения и транспортировки природного газа в качестве топлива для транспортного средства.

Белый дым ОГ – дым ОГ, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц несгоревшего жидкого топлива.

Биодизельное топливо(биодит) - топливо, представляющее собой альтернативный вид топлива на основе растительных масел или животных жиров.

Биогаз - газ, получаемый в результате метанового брожения биомассы, который состоит в основном из CO, CO₂, CH₄, H₂ и др.

Биотопливо - топливо, получаемое из растительного или животного сырья.

Блок электронного управления двигателем, БЭУД (Electronic Control Module) – бортовой электронно-вычислительный управляющий модуль, обеспечивающий питание

электронной системы двигателей, контроль вводимых в нее данных и факторов и управление режимами двигателя.

Весовая категория автомобиля – масса автомобиля, инерционное сопротивление которой должно имитировать при испытаниях на стенде по городскому циклу.

Выбросы автомобиля (двигателя) – вещества, поступившие в атмосферу из агрегатов и систем.

Газобаллонное оборудование (ГБО) – дополнительное оборудование, позволяющее хранить, транспортировать и подавать в двигатель внутреннего сгорания (ДВС) газообразное топливо.

Газогенераторный автомобиль – автомобиль, снабженный газогенераторной установкой, в которой из твердого топлива получают газ (продукты неполного сгорания) для питания двигателя.

Газонепроницаемый кожух – система, предназначенная для отвода за пределы рабочего отсека и транспортного средства возможных утечек газа.

Гибридные автомобили-автомобили, приводимые в движение двумя (комбинация двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя) и более источниками энергии, например, тепловая энергия бензина или дизельного топлива, энергия сжатого или сжиженного газа, электроэнергия, энергия сжатого воздуха, солнечная энергия, энергия ветра и др.

Гибридная (комбинированная) силовая энергоустановка – комплексная силовая установка, состоящая из поршневого ДВС, электрогенератора, приводных электродвигателей, накопителя электроэнергии (аккумулятора) и системы управления.

Гигроскопичность – свойства вещества притягивание влаги из воздуха.

Гидрогенизационная переработка угля – наиболее универсальный метод прямого ожижения, где происходит растворение органической массы угля и насыщение ее водородом в степени, зависящей от назначения целевых продуктов. Производство товарных моторных топлив обеспечивается за счет переработки получаемых на первой (жидкофазной) стадии жидких продуктов методами парофазной гидрогенизации.

Голубой дым ОГ – дым ОГ, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц смазочного масла.

Горючие сланцы – метаморфическая горная порода из группы твердых каустобиолитов или осадочные породы, тонкоплитчатые аргиллиты или мергели со значительным, до 50-60%, содержанием битуминозных веществ, по сути являющийся глинистыми или известковыми углями-сапропелитами.

Давление наполнения (filling pressure) – давление, до которого баллон наполнен (заправлен) газом.

Датчик давления атмосферного воздуха, ДДАВ (Atmospheric Pressure Sensor) – аналоговый датчик, измеряющий атмосферное давление у воздушного фильтра и направляющий сигнал на БЭУД.

Датчик давления воздуха на входе турбокомпрессора, ДДВхТН (Turbo Compressor Inlet Pressure Sensor) – аналоговый датчик, измеряющий давление в воздушно-впускном отверстии ТН и направляющий сигнал на БЭУД.

Датчик давления воздуха на выходе турбокомпрессора, ДДВыТН (Turbo Compressor Outlet Pressure Sensor) – аналоговый датчик, измеряющий давление в воздушно-выпускном отверстии ТН и направляющий сигнал на БЭУД.

Датчик давления масла в двигателе, ДДМД (Engine Oil Pressure Sensor) – аналоговый датчик, измеряющий давление масла в системе смазки двигателя и направляющий сигнал на БЭУД.

Датчик оборотов/синхронизации двигателя, ДОСД (Speed/Timing Sensor) – цифровой датчик, определяющий положение коленчатого вала и скорость вращения двигателя, и направляющий сигнал с широтно-импульсной модуляцией на БЭУД.

Датчик температуры охлаждающей жидкости в двигателе, ДТОЖ (Engine Coolant

Temperature Sensor) – аналоговый датчик, измеряющий температуру жидкости в системе охлаждения двигателя и направляющий сигнал на БЭУД.

Диагностический код, ДК (Diagnostic Code) – код, генерируемый диагностикой двигателя при возникновении диагностических операций.

Диспергирование – тонкое измельчение твердых веществ или жидкостей.

Дисперсия – отклонение от среднего значения.

Дисперсные системы – механические смеси веществ, сохраняющие свои свойства.

Декарбонизация – процесс диссоциации (разложения) карбоната кальция CaCO_3 (известняка) на CaO и CO_2 при определенных температуре и давлении с поглощением теплоты и удалением CO_2 (техническое определение) или снижение выбросов углекислого газа (на единицу ВВП или на единицу вырабатываемой энергии).

Декомпрессор – система, позволяемая уменьшить степень сжатия в цилиндре при запуске дизеля.

Дым отработавших газов двигателя – дым, состоящий из дисперсных частиц, находящихся в отработавших газах двигателя.

Дымность ОГ – показатель, характеризующий степень поглощения светового потока, просвечивающего ОГ.

Зелёный транспорт или устойчивый транспорт – любой способ или организационная форма передвижения (пешеходное и велосипедное движение, экологичные автомобили, транзитно-ориентированное проектирование, аренда транспортных средств), а также экономичные системы городского транспорта, способствующие сохранению жизненного пространства и пропаганде здорового образа жизни позволяющие снизить уровень воздействия на окружающую среду.

Зеленая экономика – модель развития экономики, направленная к улучшению здоровья и социальной справедливости населения, к значительному снижению вредных воздействий на окружающую среду, способствующая развитию низкоуглеродных, ресурсосберегающих технологий.

Жгут проводов (Harness) – группа объединенных под одной оболочкой электропроводов, соединяющих между собой различные компоненты электросистемы.

Импульс – внезапные и быстроисчезающие повышения какого-либо параметра (показателя) в системе.

Интернет вещей (internet of things, IoT) – концепция сети передачи данных между физическими объектами, оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия

друг с другом или с внешней средой, способствующие перестроить экономические и общественные процессы, исключить из части действий и операций необходимость участия человека.

Интерполяция – вычисление значения функции для промежуточных значений аргумента.

Искусственный интеллект (artificial intelligence, AI) – свойство интеллектуальных систем

(техническая или программная система) выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека.

Кавитация – образование в жидкости газовых полостей из-за местного понижения давления (холодное кипение).

Калибровка (Calibration) – эталонная регулировка параметра средства измерения (электрических сигналов).

Керогены – это полимерные органические материалы, которые расположены в существующих породах, таких как нефтеносные сланцы, и являются одной из форм нетрадиционной нефти.

Коагуляция – слипание (слияние) коллоидных частиц при взаимном контакте и их осаждение из раствора или аэрозоля.

Когенерация – процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии.

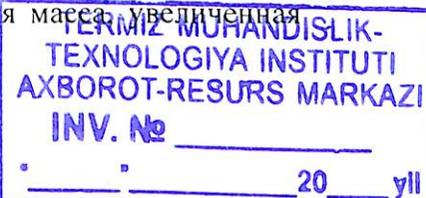
Коллоидные системы – дисперсные системы с частицами дисперсной фазы 0,001...0,1 мкм.

Композиционный баллон (composite cylinder) – баллон, выполненный из непрерывных волокон (карбонный или стекловолокны), пропитанных смолой и намотанных на поверхность металлического или неметаллического лайнера.

Компостирование – это способ приготовления удобрений путём обезвреживания бытовых, пищевых, сельскохозяйственных и некоторых промышленных отходов и отбросов, основанный на разложении органических веществ под влиянием микроорганизмов.

Конвергенция – сходство, совпадение каких-нибудь признаков, свойств независимых друг от друга явлений или процесс сближения, схождения (в разном смысле), компромиссов;

Контрольная масса – снаряженная масса, увеличенная на 100 кг.



Контрольный расход топлива – расход топлива при заданных установившихся скоростях движения автомобиля на высшей передаче на прямой горизонтальной дороге с твердым гладким покрытием.

Короткая тонна – неметрическая единица измерения массы, используемая в США или американская тонна, равная 907,18474 кг.

Корреляция – зависимость между случайными величинами.

Критерий – признак, на основании которого производится оценка чего-либо.

Лейнер (liner) – внутренняя газонепроницаемая (герметизирующая) оболочка баллона, на которую наматывают армирующие волокна для достижения необходимой прочности, которая может нести часть нагрузки.

Люминесценция – излучение света веществом, избыточное над тепловым при данной температуре, вызываемое не нагреванием. Под действием света – фотолюминесценция, химической реакции – хемилюминесценция.

Лямбда-зонд (λ -зонд, датчик кислорода, датчик концентрации кислорода в отработавших газах) – гальванический источник тока (циркониевый датчик на основе двуокиси циркония ZrO_2 , покрытый платиной), меняющий напряжение в зависимости от температуры и наличия кислорода в составе отработавших газов.

Масса снаряженного автомобиля – масса автомобиля, заправленного ГСМ и укомплектованного в соответствии с инструкцией завода изготовителя.

Метановое число (индекс) – показатель (критерий), характеризующий детонационную стойкость газообразного топлива (способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии) для двигателей внутреннего сгорания. Число равно содержанию (в процентах по объёму) метана в его смеси с водородом, при котором эта смесь эквивалентна по детонационной стойкости исследуемому топливу в стандартных условиях испытаний.

Метановое число 100 соответствует чистому метану (детонационно стойкий). Метановое число 0 соответствует водороду (нестойкий). Некоторые топлива имеют метановое число

больше 100, такие топлива сравниваются со смесью метана и углекислого газа. По определению метановое число для таких топлив рассчитывается, как $100 + \text{объёмное содержание (в процентах) } CO_2 \text{ в смеси с метаном}$.

Модель – искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции, аналогичные исследуемому объекту, в уменьшенном, упрощенном виде отображает и воспроизводит структуру, свойства, взаимосвязи компонентов исследуемого объекта, непосредственное изучение которого связано с определенными затратами, трудностями, и позволяющий ускорить процесс получения информации об объекте, а также прогнозировать его перспективу.

Моделирование – исследование объектов на моделях с применением методов аналогии и теории подобия, имеющие предметные, физические, математические, логические, знаковые и другие типы.

Моль – количество вещества, содержащее столько же структурных единиц, сколько содержится атомов в 12 г углерода, равное постоянной Авогадро ($\sim 6 \cdot 10^{23}$). 1 моль газа занимает объём 22,4 литра.

Мощность удельная – отношение максимальной мощности двигателя к полной массе транспортного средства.

Оболочка (over – wrap) – система армирующих волокон со смолой, нанесенная на лейнер.

Отработавшие газы двигателя автомобиля – смесь газов с примесью взвешенных частиц, удаляемая из цилиндров или камер сгорания двигателя.

Пеллеты – древесные (мелкие плотные, цилиндрические спрессованные древесные опилки или отходы производства) топливные гранулы.

Передвижной автомобильный газовый заправщик (ПАГЗ) – установка, предназначенная для транспортировки и хранения СПГ или СНГ и заправки им автомобилей и другого транспорта, а также стационарных установок.

Переработка отходов – деятельность, заключающаяся в обращении с отходами с целью обеспечения их повторного использования в народном хозяйстве и получения сырья, энергии, изделий и материалов.

Поверка – метрологическая аттестация приборов.

Пробеговый выброс – показатель, характеризующий количество веществ, поступающее в атмосферу из системы выпуска, отнесенное к единице пройденного пути.

Процесс Фишера—Тропша — химическая реакция, происходящая в присутствии катализатора (железо или кобальт), в которой монооксид углерода (СО) и водород преобразуются в различные жидкие углеводороды.

Рациональное использование ресурсов – достижение максимальной эффективности использования ресурсов в хозяйстве при существующем уровне развития техники и технологии с одновременным снижением техногенного воздействия на окружающую среду.

Регрессия – статистическая связь между случайными величинами.

Ресурсы – ценности, запасы, возможности, источники дохода в государственном бюджете, которые подразделяются на природные и экономические (материальные, трудовые, финансовые). Виды ресурсов: природные ресурсы (сырьевые и энергетические), потребительские ресурсы, производственные ресурсы, воспроизводимые ресурсы, например, продукция, кадры определенной квалификации, которые обучаются в течение анализируемого периода и т.д.), невозпроизводимые ресурсы (например, разрабатываемые запасы полезных ископаемых), трудовые ресурсы, (могут быть разделены на квалификационно-профессиональные группы, среди которых необходимо выделить интеллектуальные ресурсы), информационные ресурсы (потенциал науки, мощности культуры и просвещения), финансовые ресурсы (ресурсы капитальных вложений, кредитные и т.п.), первичные ресурсы (трудовые ресурсы, природные богатства), вторичные ресурсы и др.

Ресурсоиспользование – естественное или целенаправленное использование (расход) ресурсов различных видов (материальных, энергетических, интеллектуальных, трудовых, информационных, финансовых, временных и других первичных и вторичных, традиционных и нетрадиционных) на стадиях жизненного цикла объекта, изделия, продукции, на данном уровне развития

общества. Расход ресурсов разделяют на полезные (необходимые) затраты и на издержки (потери).

Ресурсосбережение – деятельность (организационная, экономическая, техническая, научная, практическая, информационная), методы, процессы, комплекс организационно-технических мер и мероприятий, сопровождающих все стадии жизненного цикла объектов и направленных на рациональное использование и экономное расходование ресурсов. Различают энергосбережение и материалосбережение.

Ресурсосодержание продукции, работ и услуг – совокупность системно-структурных свойств, характеризующих состав и содержание сосредоточенных в продукции, работах и услугах ресурсов определенного вида при данном уровне развития.

Сжатый природный газ (СПГ/CNG -compressed natural gas)-природный газ, находящийся под рабочим давлением 20,0 МПа. Несмотря, что основоположники газобаллонных автомобилей обозначили сжатый природный газ, как СПГ, некоторые авторы его обозначили, как КППГ (компримированный природный газ), нехарактерных для других видов сжатых газов (воздух, кислород, азот и др.).

Сжиженный нефтяной (пропан-бутановый) газ (СНГ/LPG-liquefied petroleum gas)-смесь сжиженных пропан-бутановых газов с температурой кипения от -50 до 0°C .

Сжиженный природный газ (СжПГ/LNG- liquefied natural gas)- природный газ, находящийся в сжиженном состоянии (от -142 до -163°C) и под рабочим давлением до 1,5 МПа. Несмотря, что основоположники газобаллонных автомобилей обозначили сжиженный природный газ, как СжПГ, некоторые авторы его обозначили, как СПГ.

Синтез-газ (водяной газ, генераторный газ) — преимущественно смесь монооксида углерода и водорода, получаемой в промышленности паровой конверсией метана, парциальным окислением метана, плазменной газификацией отходов и сырья, газификацией угля. В зависимости от способа получения соотношение $\text{CO}:\text{H}_2$ варьируется от 1:1 до 1:3.

Синтетический бензин- бензин, производимый из угля, природного газа и других веществ.

Синтетические топлива(синтетическое топливо)- жидкое или газообразное углеводородное топливо(бензин, керосин, дизельное топливо и т.д.), получаемое из синтеза - газа (смесь оксид углерода и водорода), в котором синтез - газ был получен из газификации твердого сырья (углей, горючих сланцев, биомасса) или путем риформинга природного газа применением процесса Фишера - Тропша.

Система впрыска «K-Jetronic» – механическая система постоянного впрыска бензина через форсунки, установленные перед впускными клапанами во впускном трубопроводе.

Система впрыска «KE-Jetronic» – механическая система постоянного впрыска бензина через форсунки, оснащенная электронным блоком управления и электрогидравлическим регулятором давления топлива.

Система впрыска «L-Jetronic» – электронная система многоточечного (распределенного) прерывистого впрыска бензина.

Система непосредственного впрыска бензина (СНВБ) – High Precision Injection (HPI) или Gasoline Direct Injection (GDI), многослойный впрыск топлива (MBT) – Fuel Stratified Injection (FSI).

Система глобального позиционирования, СГП (Global Positioning System – GPS), система, позволяющая определить координаты местонахождения контролируемого объекта с помощью спутников.

Спирты - органические вещества (производные углеводов), в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на первичные ($R-CH_2-OH$) или вторичные ($R-CHOH-R'$) или третичные ($RR'R''C-OH$) гидроксильные группы.

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением без постороннего источника.

Термоэлектрические генераторы в ДВС- величина термоэдс, возникающей при эффекте Зеебека, зависящая от абсолютного значения температур "горячего" и "холодного" контактов, от разности этих температур, а также от природы самих контактирующих материалов, которая может выполнять такую важную функцию, как питание многочисленных специальных сенсоров, поддерживающих между собой связь с помощью радиосигналов.

Технология преобразования газа в топлива (ТПГТ) – Gas-to Liquids (GTL).

Топливные элементы - это устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства в процессе реакции водорода и кислорода, где используется либо сжатый водород, либо метанол.

Токсичность – степень проявления ядовитого действия разнообразных соединений и их смесей.

Токсичная характеристика двигателя – характеристика изменения количественного содержания и состава вредных веществ в выбросах двигателя в зависимости от режимов его работы.

Токсичность выбросов двигателя – способность выбросов двигателя оказывать вредные воздействия на окружающую среду.

Топлива серии P- смесь этанола, газоконденсатной жидкости и метилтетрагидрофурана, вспомогательного растворителя, полученного из биомассы, которого можно использовать в чистом виде или в смеси с бензином в транспортных средствах с универсальной топливной системой.

Тригенерация (Trigeneration, ССНР - combined cooling, heat and power) — это процесс совместной выработки электричества, тепла и холода. Комбинированное производство тепловой и электрической энергий называется когенерацией.

Удельный выброс системы выпуска – показатель, характеризующий количество вещества, поступающее в атмосферу в единицу времени из системы выпуска, отнесенное к единице мощности, развиваемой двигателем.

Устойчивое развитие – обеспечение условий здоровой среды обитания, экономического процветания, социальной справедливости и материального благополучия общества.

Утилизация – виды работ по обеспечению ресурсосбережения (с учетом требований экологии и безопасности), при которых осуществляются с заданной интенсивностью переработка и/или вторичное использование отслуживших установленный срок и/или отбракованных изделий, материалов, упаковки и т.п., а также технологических отходов и вторичных материалов. Утилизации подвергаются также изделия, пришедшие в негодность в результате нарушений по различным причинам условий их функционирования. Правильнее в настоящее время определить утилизацию как процесс использования объекта на последней стадии его жизненного цикла, технологический процесс и/или вид деятельности в обеспечении вторичного использования или переработки объектов с учетом материало- и/или энергосбережения, требований экологии и безопасности. В процессах утилизации с заданной интенсивностью производится переработка отслуживших установленный срок и/или отбракованных изделий, материалов, упаковки и т.п., а также технологических твердых отходов, жидких сбросов и газообразных выбросов.

Утилизации тепловых выбросов-технология, где рабочее тело (например, *фторхлоруглероды*) нагревается при температуре $+70^{\circ}\text{C}$ в испарителе от сбросного источника тепла (например, ТЭЦ или выхлопная система ДВС) и под давлением поступает на турбину и раскручивает её, а потом скапливается в конденсаторе при температуре окружающей среды и затем жидкое рабочее тело забирается насосом обратно в испаритель (замкнутый цикл), а электроэнергия снимается с генератора турбины.

Цифровизация – это внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства.

Черный дым ОГ – дым ОГ, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц сажи.

Экологический паспорт (ЭП) предприятия – нормативный документ, включающий данные по использованию предприятием природных ресурсов и влиянию производства на окружающую среду, отражающий платежи за выбросы в пределах лимитов, за превышение лимитов и штрафы.

Экологическая экспертиза – государственный контроль, предупреждающий возможные неблагоприятные воздействия любой деятельности на окружающую среду.

Экономное расходование ресурсов – относительное сокращение расходования ресурсов, выражающееся в снижении их удельных расходов на производство, единицы конкретной продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества с учетом социальных, экологических и прочих ограничений.

Экономическая оценка ресурсосбережения – совокупность технико-экономических методов определения уровня экономики ресурсов в результате внедрения, осуществления ресурсосберегающих мероприятий в натуральном и стоимостном выражении. На уровне предприятия исчисляется показателем прибыли, на уровне хозяйства страны – снижением материало-, металло-, энергоемкости национального дохода.

Эмульгирование – образование устойчивых эмульсий.

Энергоёмкость – величина потребления энергии / топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.

Энергосбережение - реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Этерификация – реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислот и спиртов.

Эфиры - органические соединения, в которых кислород служит связующим звеном между двумя органическими радикалами (простой эфир) или органическое соединение, производные карбоновых или минеральных кислот, в которых гидроксильная группа $-\text{OH}$ кислотной функции заменена на спиртовой остаток (сложный эфир).

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ И УСТАНОВОК НА ТРАНСПОРТЕ

1. Современные энергетические, топливно-экономические и экологические проблемы эксплуатации транспорта

Современное состояние окружающей среды характеризуется загрязнением химикатами продуктов питания и водных ресурсов, опустыниванием, заболачиванием, резким уменьшением видового разнообразия живых организмов, увеличением различных заболеваний, генетическим отклонением, сокращением продолжительности жизни, появлением кислотных дождей, сокращением озонового слоя, глобальным потеплением климата, резким истощением природных ресурсов. Эти экологические проблемы вынуждают человечеству использовать современные инновационные технологии во всех сферах экономики и в том числе на транспорте.

Известно, что транспорт представляет одну из важнейших отраслей материального производства, осуществляющую перевозки пассажиров и грузов, который в современных условиях должен иметь характер устойчивого развития.

Устойчивое развитие – обеспечение условий здоровой среды обитания, экономического процветания, социальной справедливости и материального благополучия общества или такое развитие общества, при котором улучшаются условия жизни человека, а воздействие на окружающую среду остается в пределах ассимиляционного потенциала (хозяйственной ёмкости) биосферы, так что не разрушается природная основа функционирования человечества или развитие, которое удовлетворяет нуждам нынешнего поколения, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные нужды.

Использование экологически чистых альтернативных источников энергии и энергетических на транспорте в полной мере отвечает задачам устойчивого развития.

В последние годы практически во всех развитых странах проявляется большой интерес к получению и использованию различных заменителей (спирты, эфиры, водно-топливные эмульсии, диметиловый эфир, биодизельное топливо, биометан, водород и др.) моторных топлив нефтяного происхождения, а также различных синтетических топлив, получаемых переработкой газов, горючих сланцев и др., которые связаны с реализацией следующих технологий:

1. Разработка битуминозных песков или горючих сланцев и производство синтетической нефти из них.

2. Технология Coal to Liquid (CTL), основанная на переработке угля в жидкое топливо.

3. Технология Gas to Liquid (GTL), основанная на переработке природного газа в жидкое топливо.

4. Технология Biomass to Liquid (BTL), основанная на переработке биомассы в жидкое топливо (моторный этанол из кукурузы, сахарного тростника и целлюлозы, биодизель, биометанол).

Однако сегодня человечеству беспокоят и проблемы обеспеченности источниками энергии в будущем. В этом плане выделяются четыре ключевые технологии, – это нано, био, информационные и когнитивные (технология сознания).

Занимательны также прогнозы ученых по следующим новым источникам энергии:

- лунный материал изотоп гелия – гелий-3, который является экологически чистым, его в количестве 30...50 тонн будет достаточно для обеспечения энергией потребности Земного шара в течение года, а запасы его достаточны более чем на 100 лет. Одна тонна изотопа гелия – гелий-3 по энергии эквивалентна 14 млн. тонн нефти;

- управляемый термоядерный синтез;

- метаногидраты мирового океана, которые лежат на глубине 400...1000 метров в виде льда, добыча которого пока не освоена, прогнозируемые запасы которых составляют 20-50 тыс. трлн. куб. м;

-микроскопические водоросли, производящие масло для получения топлив;

-микрорганизмы, способные вырабатывать углеводородную жидкость из различных бытовых отходов и др.

Развитые страны мира проводят государственную энергосберегающую политику, заключающиеся в административно-правовом и финансово-экономическом регулировании процессов добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, распределения и использования топливно-энергетических ресурсов с целью их рационального использования и экономного расходования. Данная политика нацелена на обеспечение энергетической безопасности - состояние защищенности государства, региона, предприятия и человека от угрозы недополучения энергии и энергетических ресурсов в необходимых для жизнедеятельности количестве и качестве для нынешнего и будущих поколений, которая является частью национальной безопасности.

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов позволяет достижение технически возможной и экономически оправданной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии при одновременном снижении техногенного воздействия на окружающую среду.

Однако любая энергосберегающая деятельность должна сопровождаться соответствующими экономическими и другими стимулов. Разработка и выпуск энергосберегающей продукции и продукции, имеющей улучшенные показатели энергопотребления, а также внедрение энергосберегающей технологии на законодательном уровне должны поощряться.

Все страны мира в том числе в Узбекистане придают большое значение к совершенствованию топливно-энергетической отрасли. В Узбекистане в 2019 году на государственном уровне приняты меры по коренному совершенствованию системы управления топливно-энергетической отраслью, а в 2020 году приняты Законы «Об использовании возобновляемых источников энергии».

Передовой мировой опыт планирования и реализации энергосберегающей и ресурсосберегающей политики - рациональное использование и экономное расходование природных ресурсов органических источников энергии (уголь, нефть,

природный газ), повышение эффективности конечного потребления энергии во всех секторах экономики, развитие практически неисчерпаемых (ядерная энергия и управляемый термоядерный синтез) и возобновляемых источников энергии (биомассы, гидроэлектроэнергии, солнечной энергии, энергии ветра, геотермальной энергии, энергия морей и океанов и др.), а также поиск новых источников энергии в других планетах стала объективной необходимостью устойчивого развития человечества в глобальном масштабе.

2. Виды энергии и топлив на транспорте. Энерго-экологические требования, предъявляемые к современным энергетическим источникам и силовым установкам

Известно, что энергия (тепловая, механическая, электрическая, излучения, ядерная, энергия массы, химическая, электромагнитная и др.) является мерой способности объекта совершить работу, из которых в практике непосредственно используются 4 вида: тепловая (около 70-75%), механическая (около 20-22%), электрическая (около 3-5%) и электромагнитная (световая или фотонная) (менее 1%).

Одним из критериев оценки качества энергии принимается доля энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу, которые имеют следующие ориентировочные значения:

- Теплота сжигания топлива – 30-40%;
- Электроэнергия – более 95 %;
- Гидроэнергия - 60%;
- Энергии ветра – 30% и волны(приливов) – 65%;
- Тепловые возобновляемые источники – 35%;
- Фотоэлектрические преобразователи – 15%.

Запасы и перспективы использования различных источников энергии определяются энергетическими ресурсами, являющимся носителем энергии, которые используются в настоящее время или может быть использованы в перспективе, делятся на первичные и вторичные (таб. 1.1).

Таблица 1.1.

Классификация энергетических ресурсов

Первичные	Вторичные
<p>Невозобновляемые (уголь, нефть, сланцы, природный газ, радиоактивные металлы)</p> <p>Возобновляемые (биомасса, гидроэнергия, энергия ветра, солнца, геотермальная энергия, торф, термоядерная энергия)</p>	<p>Промежуточные продукты обогащения и сортировки углей, гудроны, мазуты и другие остаточные продукты переработки нефти; щепки, пни при заготовке древесины; горючие газы (доменный коксовый); тепло уходящих газов; отработанный пар силовых промышленных установок.</p>

Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии.

В состав невозобновляемых источников энергии входят нефть, газ, уголь, торф, горючие сланцы и др. Однако при этом следует отметить, что также имеются практически неисчерпаемый вид энергии - ядерная энергия и энергия управляемого термоядерного синтеза.

Современные энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии должны реализоваться по следующим направлениям:

- улучшение использования топлива в существующих технологических процессах (*энергетическая эффективность и нормирование расхода энергоресурсов*);

- максимальное использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) промышленных предприятий;

- создание энергосберегающих технологий и оборудования (*основные направления экономии энергоресурсов, энергетические установки, схемы теплообмена и др*);

- максимальное вовлечение возобновляемых источников энергии.

1.1. Возобновляемые виды энергии и топлив

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии, которые не связаны с целенаправленной деятельностью человека.

В состав возобновляемых источников энергии входят энергия солнца (гелиоэнергетика), энергия ветра, глубинное тепло (геотермальная энергия) земли, энергия мирового океана, горючие энергоресурсы (биомасса), гидроэнергия крупных водотоков – рек (гидроэнергетика).

Использование возобновляемых или нетрадиционных источников энергии связаны с решением следующих проблем:

- всемерное обеспечение энергетической безопасности и независимости;
- сокращение и рациональное потребления природных (невозобновляемых) топливно-энергетических ресурсов;
- обеспечение энергоресурсами и устойчивого тепло-и электроснабжения децентрализованных потребителей, а также населения;
- снижение экологической нагрузки окружающей среды от топливно-энергетического комплекса, а также от энергетических транспортных и стационарных установок в городах и населенных пунктах;
- предотвращение ущербов от аварийных и ограничительных отключений электрической сети;

Основными преимуществами этих видов энергии по сравнению с традиционными или невозобновляемыми источниками являются:

- практически неисчерпаемые ресурсы;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду, включая выбросы различных загрязняющих веществ, парниковых газов, радиоактивное и тепловое загрязнение и др.

Однако существуют некоторые факторы, ограничивающие широкое использование возобновляемых видов энергии:

- малая плотность энергетического потока, например, для солнечной энергии на поверхности земли $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², ветровой при скорости ветра 10 м/с – $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м²,

геотермальной – $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², в то время как для энергии АЭС – 0,2 МВт/м²;

- значительная неравномерность выработки энергии во времени и ее использования;
- относительно высокие капиталоемкость энергетических установок и стоимость вырабатываемой электроэнергии.

В настоящее время мировой потенциал возобновляемых видов энергии

составляет около 20 млрд. т.у.т., что почти в два раза превышает количество добываемого минерального топлива (таб.1.2).

Таблица 1.2.

Вид энергии	Ресурс, млн. т.у.т.	
	Мир	Узбекистан
Энергия солнца	$5,3 \cdot 10^4$	
Энергия ветра	$2,2 \cdot 10^4$	
Геотермальная энергия	$1,7 \cdot 10^5$	$23 \cdot 10^3$
Энергия биомассы	$9,5 \cdot 10^3$	
Гидроэнергия	$1,7 \cdot 10^3$	

В настоящее время имеются ряд технологий, позволяющие получить практически неисчерпаемые виды моторных топлив из невозобновляемых и возобновляемых источников (рис.1.1).



Рис.1.1. Схема получения моторных топлив из нефтяных ресурсов

3. Энергетические, экономические, экологические и социальные основы использования альтернативных энергетических источников и установок на транспорте

В соответствии с прогнозами международных организаций возобновляемые источники энергии в сочетании с рациональным энергопотреблением и ресурсосбережением могут к 2050 году удовлетворить половину общемировых потребностей в энергоресурсах.

Глобальное изменение климата и истощение природных энергетических ресурсов явились основанием для разработки новых подходов по изменению способов производства, распределения и потребления энергии, которые основаны на следующих принципах:

1. Использование возобновляемых источников энергии, в первую очередь в децентрализованных энергосистемах.
2. Учет и соблюдение естественных ограничений окружающей среды.
3. Отказ от использования экологически грязных неустойчивых источников энергии.
4. Создание системы более справедливого пользования ресурсами.
5. Отказ от рассмотрения роста потребления ископаемых видов топлива как условия экономического роста.

Особенно следует отметить получение трех видов биотоплива, получаемого из биологического сырья: твердое топливо (древесина, отходы деревопереработки, щепа, лузга и т.п.); жидкое топливо, используемое в транспортных средствах с двигателями внутреннего сгорания (этанол, биодизель, метанол); газообразное топливо (синтезированные в ходе переработки биомассы газы).

В областях использования возобновляемых или невозобновляемых видов энергии (топлив) высшим приоритетом энергетической стратегии является повышение эффективности энергопользования или энергосбережение.

Вопросы энергосбережения в настоящее время рассматриваются как первоочередные задачи, как в международных

организациях, так и в национальных правительствах, а также в других органах.

Энергоэффективность и экологичность в таких странах, как Финляндия, Дания, Германия, США, Китай стали основными вопросами государственной политики.

Большинство современных энергосберегающих технологий должны обеспечивать экономию природных ресурсов и достичь рентабельности, благодаря большим объемам внедрения и постепенному увеличению производительности. Это же требуют внедрения и расширение стандартизации энергетической эффективности, которые способствуют:

- минимизировать затраты на тестирование энергоэффективности продукции для более глобализированных рынков энергопотребляющего оборудования;
- сравнение энергоэффективности на общей основе для любых экономических и политических групп;
- упростить внедрение более эффективного производства продукции;
- ускорить претворение передового опыта в политические меры.

Например, ISO 50001:2011 определяет требования для создания, внедрения, поддержания и улучшения системы энергетического менеджмента, который обеспечивает системного подхода в достижении энергоэффективности, постоянном ее улучшении, в том числе энергетической безопасности.

Данный международный стандарт, основываясь на принципе План-Выполнение-Проверка-Действие (Закон), позволяет постоянно совершенствоваться и внедрять основы энергетического менеджмента в повседневную практику организации (рис. 1.2).

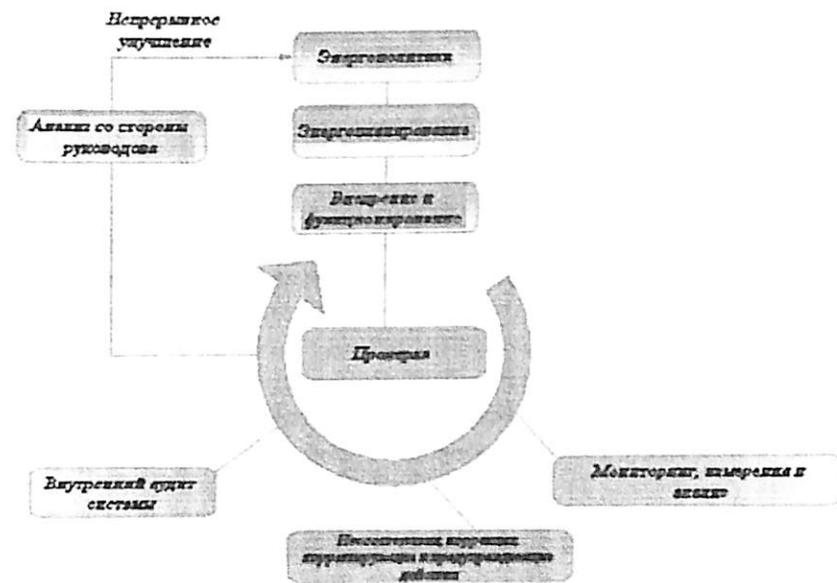


Рис. 1. 2. Модель системы энергоменеджмента, используемая в стандарте ISO 50001:2011

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

4. Современные альтернативные энергетические источники

Энерго-экологического равновесия природной среды при решении любой технической проблемы, включая при использовании альтернативных моторных топлив (энергии) обеспечивается следующим подходом: используемые (вырабатываемые) энергоисточники и вредные выбросы в окружающую среду при этом должны быть ограничены (уравновешены) величиной (величинами) энергоресурсов и ассимиляционной емкостью данной территории, тогда мы должны записать постановку задачи в следующем виде:

$$\{WC - S(C) - Z(X)\} \rightarrow \max \quad (2.1)$$

$$\omega C - x \leq A_{CE} + \Theta \quad (2.2)$$

$$C \geq 0, x \geq 0 \quad (2.3)$$

В задачах (2.1) – (2.3) максимизируют разность между доходом от произведенной работы (реализации услуг) WC и затрат по их производству $S(C)$ и $Z(X)$ при условии, что ее выбросы вредных веществ (ВВ), равные разности $\omega C - x$, не превышают величину ассимиляционной емкости A_{CE} . Принимаем, что оптимальное значение производства – это C , тогда ωC – объем выбросов, образовавшихся в процессе производства услуг (перевозки грузов или пассажиров), x – объем обезвреженных выбросов, $Z(X)$ – затраты на уменьшение массы выбросов ВВ, за счет применения различных технических решений (использование альтернативных экологически чистых моторных топлив или энергии, добавок, катализаторов-нейтрализаторов, управляемых процессов сгорания и другие).

Решение широкого круга научно-практических задач сводится сначала к перечислению возможных вариантов реализации организационных, производственно-технических, технологических и научно-исследовательских решений по сложной системе (подсистеме) из n элементов X_i ($i=1,2,\dots,n$) (управляющих (оптимизирующих) параметров). Затем в целях уменьшения объема анализируемых материалов оставляются только те

решения, которые дают достаточно весомые (согласованные) сравниваемые результаты.

Различные варианты решений определяются комбинаторными наборами значений параметров. Если каждый параметр имеет только две возможности реализации ($X_i=1$, если i -й параметр реализуется; $X_i=0$ – в противном случае), то анализу подлежат 2^n комбинаторных варианта системы. Ввиду того, что в каждом варианте i -й параметр рассматривается один раз, а очередность параметров роли не играет, то анализируемые варианты представляют собой множество сочетаний из n элементов и записываются в виде векторов $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ с нулевыми компонентами.

Процедура выбора наилучшего по значимости из вариантов зависит от того, какое место занимает данное решение сравнения и оценки.

Обычно для упрощения анализа рассматриваемых вариантов в каждом из векторов \bar{X} опускаются нулевые компоненты ($X_i=0$), а ненулевые ($X_i=1$) заменяются их индексами. В результате получим все подмножества (выборки) из множества $N=\{1,2, \dots, n\}$, каждое из которых однозначно определяет один из векторов \bar{X} .

Энерго-экологические показатели (ЭЭП) ДВС оцениваемые в соответствии с существующими нормативными документациями выражаются: номинальной мощностью – $N_{ном}$, максимальным крутящим моментом – M_{max} ; удельным расходом топлива при номинальном режиме – $g_{ном}$ и минимальным удельным расходом топлива по скоростной характеристике – g_{min} ; выбросами вредных веществ на режиме холостого хода, при городских ездовых циклах и другие. Как правило, достижение высоких значений одних показателей достигается за счет ухудшения других. Например, высокофорсированный двигатель по степени сжатия создает определенные затруднения по вопросам надежности и выбросам вредных веществ (ВВ), в частности окислов азота.

Поэтому многие производители двигателей дают также отдельные понятия мощности: максимальная эффективная и полезная. Продолжительность работы двигателя на максимальной мощности устанавливаются не более 15 мин за каждый час работы. В этой связи в зависимости от возникающих проблем исследователи ставят перед собой различные задачи, например,

высокоэкономичный или высокофорсированный по мощности или экологически чистый ДВС. Однако во всех случаях предположительно достигаемые оценочные показатели имеют ограничение сверху (современный уровень техники и экономическая целесообразность) и снизу (существующие экологические требования).

При переходе же на питание АМТ задача оценки использования их с точки зрения энерго-экологической эффективности (ЭЭЭ) еще более усложнится. Поскольку придется учитывать не только факторы, влияющие на рабочий процесс ДВС, а также ряд важнейших факторов, связанных с их хранением, транспортировкой, подготовкой, подачей, безопасностью их эксплуатации, достаточностью ресурсов, затратами производства и использования и другие.

Это все указывает на то, что исследования ЭЭЭ использования АМТ представляет собой сложную проблему, основанную на системе взаимодействий и взаимозависимостей, которая должна реализоваться с помощью системного подхода.

Применение в поршневых двигателях альтернативных топлив обуславливается соответствующими конструктивными изменениями в базовой системе питания или созданием принципиально новых конструкций.

Однако, решение вопроса подачи в двигатель различных видов топлива невозможно без анализа и учета их свойств.

Свойства топлив делятся на следующие группы:

- физико-химические, определяющие, как правило, работу двигателя, а также

конструктивные особенности системы топливоподачи или питания;

- энергетические (теплотехнические), определяющие качество и характер протекания процесса сгорания и рабочего процесса двигателя в целом;

- газодинамические и технолого-производственные свойства, связанные с условиями получения, транспортировки, заправки, хранения топлива;

- токсические, устанавливающие воздействие на окружающую среду (ОС).

В настоящее время к альтернативным моторным топливам относятся синтетический бензин из биомассы, угля, горючих сланцев, торфа, природного газа; бензометанольные и бензоэтанольные смеси; водород; сжиженные нефтяные пропан-бутановые смеси (СНГ); сжатый природный газ (СПГ) или сжиженный природный газ (СжПГ); газогенераторный, доменный, пластовый газы; биогазы (биометан); газоконденсатные топлива; аммиак; водно-топливные эмульсии, диметилловый эфир (ДМЭ) и др.

В основе разработки классификации АМТ (рис. 2.1) лежит распределение их по признакам: происхождение, агрегатное состояние, способ использования как моторное топливо, величина рабочего давления в топливном сосуде, способ доставки к потребителю, теплотворная способность, фазовое состояние, способ подачи в ДВС, назначение, компонентный состав, прогноз перспективности применения и др.

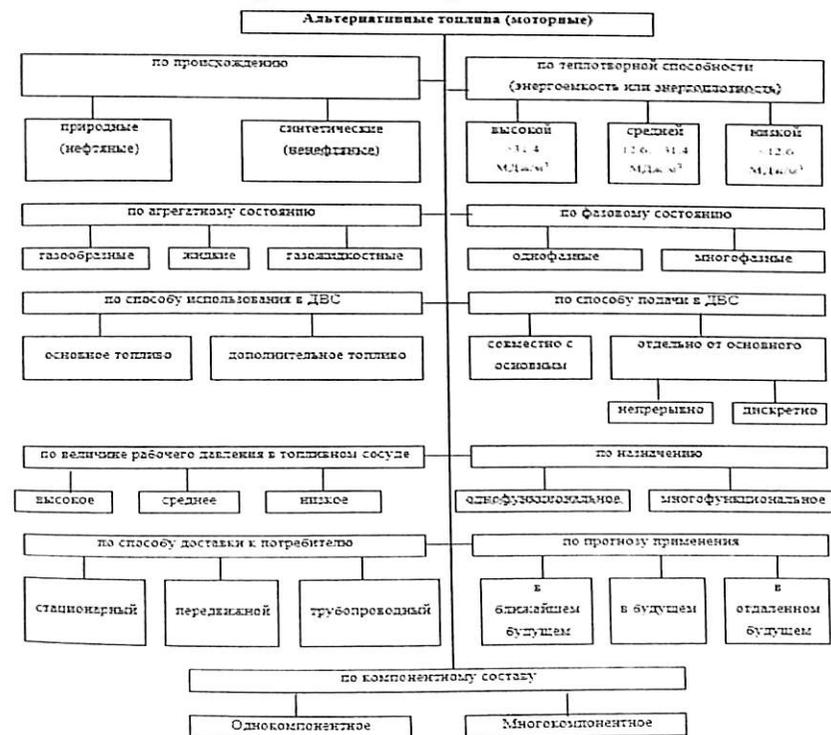


Рис. 2.1. Классификация альтернативных моторных топлив.

Кроме этого они могут подразделяться на местные, перспективные и другие альтернативные топлива.

Современная мировая практика по оптимизации структуры энергоисточников, направленная на увеличение применения газовых топлив в различных отраслях народного хозяйства обусловлена, прежде всего, их природными ресурсами и экологической эффективностью.

В этой связи, данный вопрос составляет основное содержание проблемы транспорта и энергетики, современных приоритетных инновационных направлений устойчивого развития общества в целом.

4.1. Природный газ. Сжатый и сжиженный природный газ

Практически во всех высокоразвитых странах ведутся научно-практические разработки, связанные с рационализацией баланса топливно-энергетических ресурсов, а также с альтернативными топливами для различных видов транспорта, как наиболее энергоемкой отрасли народного хозяйства.

В современных условиях применение альтернативных моторных топлив вместо стандартных жидких моторных топлив обусловлено такими факторами, как наличие ресурсов, удовлетворение технико-экономических и экологических требований, безопасность, безвредность, удобство и стоимость эксплуатации. Природный газ в качестве моторного топлива в полной мере отвечает указанным требованиям.

Сегодня в мире более 80 стран используют природный газ в качестве моторного топлива и мировое количество газобаллонных автомобилей на СПГ составляет 24,5 млн. единиц (~ 1,4%). Крупнейшим макрорегионом по числу автомобилей на СПГ является Азия, где сконцентрированы порядка 15 млн. ГБА, 5 млн. в странах Латинской Америки, в Европе около 2 млн. ГБА.

В состав стран – лидеров по числу ГБА на СПГ входят Китай, Иран, Пакистан, Армения, а Узбекистан входит в первую десятку стран.

Всевозможные газообразные топлива (таб.2.1) имеют различные свойства, определяющие их в качестве моторного горючего, которое может быть разделено на следующие группы:

- физико-химические;
- энергетические (теплотехнические);
- газо-гидродинамические;
- технолого-производственные;
- экологические

Таблица 2.1.

Свойства основных составляющих газообразных топлив

Параметры	Метан (CH ₄)	Этан (C ₂ H ₆)	Пропан (C ₃ H ₈)	Бутан (C ₄ H ₁₀)
Молекулярная масса	16.03	30.05	44.06	58.08
Состав, % по весу				
H	25.03	20.18	18.30	17.35
C	74.57	79.88	81.70	82.65
Отношение H/C	4.0	3.0	2.7	2.50
Газовая постоянная				
кгс·м/кг·К	52.81	28.22	19.25	14.60
ккал/кг·°С	0.124	0.066	0.045	0.34
Плотность при стандартных условиях				
в парообразном состоянии, кг/м ³	0.67	1.273	1.867	2.460
в жидком состоянии, кг/л	0.415	0.446	0.51	0.58
Показатель адиабаты	1.28	1.2	1.15	1.11
Теплота испарения, ккал/кг	122.6	–	103	94
Относительная плотность	0.554	1.048	1.562	2.091
Низшая теплота сгорания при стандартных условиях в парообразном состоянии, ккал/м ³	8087	14340	20485	26679
то же, ккал/кг	11895	11264	10972	10845
в жидком состоянии, ккал/л	4940	5065	5560	6320
Количество воздуха теоретически необходимое для полного сгорания при стандартных условиях, м ³ /м ³ топлива	9.52	16.66	23.01	31.09
м ³ /кг топлива	14.2	12.10	12.81	12.64
Теплота сгорания стехиометрической смеси при стандартных условиях, ккал/м ³	770	812	847	855
Температура кипения, °С	-161.6	-88.6	-42.2	-0.5
Температура самовоспламенения, °С	590-690	550-600	510-580	480-540

Температура горения стехиометрической смеси, °С	2020	2020	2043	2057
Коэффициент молекулярного изменения при сгорании стехиометрической смеси	1.0	1.038	1.042	1.047
Октановое число (по моторному методу)	100-120	100-105	90-100	90-100
Максимальное значение нормальной скорости распространения пламени, м/с	3.4-3.7	3.8	3.9	3.8
Коэффициент избытка воздуха, соответствующий максимальному значению нормальной скорости распространения пламени	1,1	1,05	1,0	0,95
нижнему концентрационному пределу	2.0	1.8	1.7	1.7
верхнему концентрационному пределу	0.65	0.5	0.4	0.35
Пределы воспламеняемости в воздухе, % $\frac{\%}{\text{л/м}^3}$	5.0...15.0	2.9...13.0	2.1...9.5	1.8...8.4
	16.66...102.6	31.2...187.0	36.6...179.8	37.4...205.0
Содержание газа в стехиометрической горючей смеси, %	9.51	5.65	4.02	3.23
Коэффициент теплопроводности парообразных компонентов, $\frac{\text{ккал}}{\text{м}\cdot\text{с}\cdot^\circ\text{С}}$ Минимальная энергия воспламенения, 10^{-3}Дж	0.0264	0.0135	0.0127	0.0116
	0.23	—	—	—
Число Воббе, высшее низшее	12300	—	18950	21630
	11300	—	17420	20000

Однако, более широкое применение газообразных топлив, в частности СПГ вместо бензинов или дизельного топлива связано со следующими основными преимуществами газа, а именно: достаточно большими природными ресурсами; уменьшением износа деталей цилиндропоршневой группы двигателя; значительным снижением токсичности отработавших газов;

увеличением срока службы и уменьшением расхода смазочного масла; меньшей стоимостью газа.

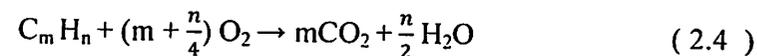
Среднеазиатские газовые месторождения занимают второе место после Западной Сибири по величине разведанных запасов природного газа и уровню его добычи. Потенциальные запасы газа оцениваются в 16.5 трлн. м³, разведанные запасы – 3.1 трлн. м³. Более 93 % этих запасов приходится на Узбекистан (40 %) и Туркменистан.

В Узбекистане в год добывается примерно 7...8 млн. т нефти (включая газовый конденсат), 64-66 млрд. м³ природного газа и 5.5 млн. т угля, т.е. в топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) природный газ составляет около 65 %, а в мировом масштабе природный газ в ТЭБ составляет примерно 22...24 %.

Другим видом газовых топлив является сжиженная пропан-бутановая смесь (СНГ) или попутный газ, который является побочным продуктом нефтедобычи и нефтегазопереработки. Доля СНГ в ТЭБ в общемировом масштабе составляет примерно 2.2 %, а в высокоразвитых странах – 4.0...4.2 %. Причем примерно 10% СНГ в странах Западной Европы применяют в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. В Узбекистане в год в качестве моторного топлива используется около 350...400 тыс. т СНГ и 1.2...1.3 млрд. м³ СПГ.

Особенности горения газообразных углеводородных газов. Теоретически полное горение углеводородных газов возможно при условии обеспечения равномерного перемешивания газ с воздухом в соотношениях, обеспечивающих нормальное протекание реакции между компонентами горючим и окислителем.

Реакция горения любого углеводорода типа C_mH_n может быть выражена следующим общим уравнением:



Анализ данной реакции позволяет теоретически определить количество воздуха и, следовательно, кислорода, необходимого для сжигания единицы объема (массы) того или иного газа. Например, из выражение C₃H₈+5O₂→3CO₂+4H₂O следует, что при

сгорании одного объема пропана образуется три объема диоксид углерода и четыре объема водяного пара.

Известно, что воспламенения топливно-воздушной смеси происходит при условии когда низшая температура смеси при выделении теплоты горения несколько превышает теплоотдачу в окружающую среду. В этой связи важное значение имеют показатели топлива, характеризующие их горючесть. (таб. 2.2)

Таблица 2.2.

Показатели горючести различных моторных топлив

№	Вещество	Необходимая для сгорания 1 кг (м ³) топлива, кг(м ³) кислород воздух	Предел воспламенения в смеси с воздухом, % нижний/верхний	Температура воспламенения, °С с воздухом с кислородом	Предельное значение двуокись углерода при горении, кг/кг (м ³ /м ³)
1	Бензин	3,05 – 3,35 14,85	1,5 6,0	470 – 530 500	3,1
2	Дизельное топливо	3,34 – 3,42 14,35	0,6 6,5	300 280	3,16
3	Метан	(2) (9,55)	5 15	640 640	2,8 (11,7)
4	Пропан	(5) (23,86)	2,4 9,5	540 490	3,0 (13,7)
5	Бутан	(6,5) (31,02)	1,8 8,5	490 460	(14)
6	Водород	(0,5) (2,38)	4,1 75	350 – 590 450 – 590	-
7	Окись углерода	(0,5) (2,38)	12,5 75	610 – 658 590 – 658	1
8	Метанол	1,5 6,45	6 50	11 8	1,37
9	ДМЭ	1,92 9	3,4 18	235 185	1,84

Природный и сжиженный нефтяной газы являются высокооктановыми топливами, позволяющими повысить степень сжатия двигателя и тем самым улучшить их мощностные и топливно-экономические показатели (таб.2.3).

Особенно следует обратить внимание на процесс одоризации СНГ и СПГ. Данный процесс производится в целях обнаружения утечки газов и во многом определяет правила их безопасной эксплуатации.

Таблица 2.3.

Взаимосвязь некоторых показателей двигателя и видов топлив

Наименование топлива	Степень сжатия	Мощность двигателя, %	Расход топлива, %
Бензин	6.5...7.5	100	100
Бензин	8.0...9.5	110...115	75...85
СНГ	6.5...7.5	92...95	110...115
СНГ	8.0...8.5	105...115	92...93
СНГ	9.0...12.0	115...125	80...86
СПГ (СжПГ)	6.5...7.5	82...85	110...115
СПГ (СжПГ)	8.0...8.5	97...100	90...95
СПГ (СжПГ)	9.0...12.0	110...115	75...80

Сжиженный природный газ (СжПГ) является перспективным направлением применения природного газа в качестве моторного топлива. СжПГ хранится при температуре – 162 °С. Хранение СжПГ при более низком давлении (до 15 кгс/см²) обеспечивает большую взрывобезопасность в сравнении со сжатым (СПГ) газом под давлением (до 200 кгс/см²).

Мировыми лидерами по поставкам сжиженного газа являются Индонезия, Малайзия, Катар, Алжир, Австралия, Тринидад и Тобаго, Россия, Оман. Базовые технологические подходы сжижения природного газа.

1. Детандерный – выработка холода за счет перепада (снижения) давления в трубопроводной системе.

2. Цикл моно-хладогента (азотный).

3. Цикл смешанного хладагента (различные смеси двух, трех и более компонентов).

4. Каскадный – на каждый уровень охлаждения используется свой хладагент и свой теплообменник (например холодильный цикл пропана, потом этана и т.д.).

Во всех подходах в той или иной степени используется азот.

На практике справочно используются следующие коэффициенты перевода СжПГ. 1 тонна СжПГ эквивалентна 1 380 куб.м природного газа. 1 тонна СжПГ эквивалентна 1270 л дизельного топлива. Масса 1 литр ДТ – 0,769 кг.

Масса 1 литр СПГ – 0,144 кг

Масса 1 литр СжПГ – 0,255 кг

Известно, что при объеме газовых баллонов, равном объему бака для бензина, автомобиль, используя СПГ, может пройти расстояние в 6 раз меньше, а при использовании СжПГ – на одну треть меньше, чем на бензине при одинаковых объемах ёмкости для топлива. Для достижения энергетической эквивалентности топливных баков бензина и СжПГ объем газового баллона газа несколько увеличивается (таб.2.4).

Таблица 2.4.

Сравнительные показатели грузового автомобиля ЗИЛ-431610 на различных топливах

№	Показатели	Ед.изм.	Бензин	СПГ	СжПГ
1	Максимальное рабочее давление в баллоне	МПа	0.03	20.0	0.21
2	Теплотворная способность топлива	МДж/кг	31.9	6.8	21.4
3	Грузоподъемность автомобиля	кг	6000	5500	6000
4	Масса снаряженного автомобиля	кг	4300	4900	4450
5	Выброс в атмосферу CO	кг/год	1200	400	400
6	Потери от испарения.	г/ч	–	–	35
7	Длительность без дренажного хранения в интервале абсолютного давления	0.1-0.55 МПа	–	–	не менее трех суток

На практике в целях обеспечения транспорта СжПГ строятся мало или среднетоннажные станции сжижения газа. Технологии мало- и среднетоннажного производства СжПГ имеют ряд преимуществ перед крупнотоннажным производством, главные из которых:

- возможность регулируемого наращивания производственных мощностей;
- размещения производство в непосредственной близости от потенциальных потребителей;
- расположения объектов производство и заправки транспорта на действующих площадках;
- быстрого возведения объектов с меньшими затратами;

- передислокации объекта заправки при снижении спроса на газовое моторное топливо;

- отсутствие необходимости подключения криогенной заправочной станции к газопроводу-отводу.

При малотоннажном производстве СжПГ на объектах газотранспортной системы могут использоваться следующие технологии:

- производство СжПГ на газопроводах по дроссельной технологии (цикл высокого давления);

- производство СжПГ на ГРС по детандерной технологии (цикл среднего давления);

- производство СжПГ на ГРС по технологии частичного сжижения с внешним охлаждением;

- производство СжПГ на магистральных газопроводах по технологии полного сжижения с внешним охлаждением.

Мировая статистика показывает, что малотоннажные установки по производству СжПГ сосредоточены в Китае (66 % от всего производства), США (14,3 %), Норвегии (5,2 %), России (3,7 %) и ряде других стран. Мировыми лидерами использования СжПГ на транспорте являются Китай, США, Испания и Великобритания. В настоящее время каждый десятый автобус в Китае работает на СжПГ, а 60 % новых автобусов для муниципалитетов выпускаются в газовой модификации. Цена на СПГ в Китае составляет примерно 60 % от розничной цены на дизельное топливо, а СжПГ – 75 %.

4.2. Сжиженный нефтяной газ

Компонентный состав сжиженного нефтяного газа. Компонентный состав СНГ имеет важное значение при использовании его в качестве моторного топлива. При постоянстве температуры окружающей среды давление насыщенных паров СНГ зависит от компонентного состава (соотношение пропана к бутану). С другой стороны, при постоянстве проходного сечения дозирующего устройства системы питания СНГ, его расход зависит также от компонентного состава.

В соответствии с ГОСТ 27578 установлены виды СНГ: пропан автомобильный (ПА) и пропан-бутан автомобильный (ПБА).

В составе ПА массовая доля пропана должна быть $85 \pm 10\%$, а в составе ПБА - $50 \pm 10\%$. Причем сумма углеводородов C_4 и выше не нормируется, а сумма непредельных углеводородов не более 6%.

Таким образом по данным данного стандарта содержание пропана в составе СНГ может изменяться от 40 до 95%, что существенно может влиять на значение коэффициента избытка воздуха (таб.2.5).

Таблица 2.5.

Изменение компонентного состава пропан-бутановых смесей

Наименование	ГОСТ 20448		ГОСТ 27578		Анализ СНГ ГНС РУз	LPG (Англия)
	ПБЗ	ПБЛ	ПА	ПБА		
Пропан, не менее, %	15	не норм.	80 ± 5	50 ± 5	18...70	28
Бутан, не более, %	не норм.	60	9		18...65	65
Другие суммарные предельные и непредельные углеводороды, не более, %	4	6	6		0.2...5.0	2.2 7

При работе двигателя на СНГ различного компонентного состава массовый расход газа через дозирующий элемент может быть найден из уравнения

$$G_T = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2\rho_2(\Delta h_{\text{диф}} - \Delta h_{\text{ред}})}, \quad \text{кг/с} \quad (2.4)$$

где, μ - коэффициент расхода газа, учитывающий сопротивление при протекании газа в дозирующих элементах и сжатии газового потока при истечении;

f - наименьшее лимитирующее проходное сечение дозирующих элементов, м^2 ;

ρ_2 - плотность газа, проходящего через дозирующие элементы, кг/м^3 ;

$\Delta h = \Delta h_{\text{диф}} - \Delta h_{\text{ред}}$ - перепад давлений под действием которого происходит истечение газа эжекторной системы питания, кг/см^2 или мм вод. ст.

$\Delta h = \Delta h_{\text{впр}} - \Delta h_{\text{вптр}}$ - перепад давлений под действием которого происходит истечение (впрыск) газа инжекторной системы питания, кг/см^2 или кПа.

Коэффициент избытка воздуха при различных компонентного состава СНГ определяется:

$$\alpha^1 = \alpha \frac{L_0 G_T}{L_0^1 G_T^1} \quad \text{или} \quad \alpha^2 = \alpha \frac{L_0}{L_0^1} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_0^1}} \quad (2.5)$$

где α^1 и α^2 - коэффициенты избытка воздуха двух газов различного компонентного состава;

L_0 и L_0^1 - теоретически необходимое количества воздуха для сгорания двух газов различного компонентного состава;

ρ_0 и ρ_0^1 - плотность двух газов различного компонентного состава.

С помощью приведенных уравнений можно выявить, что значения $\alpha = 1$, соответствующей стопроцентному содержанию пропана в составе газа, снижается примерно на 5 % при каждом уменьшении его на 25% в составе пропан-бутановой смеси.

Проведение научных исследований по совершенствованию дозирующих систем СНГ (А.С. 844796, МКИФ02В43/00, 15.10.1979 г., авторы. Базаров Б.И. и др.) показали важность значения данных работ (патент США 4483303, МКИФ02В43/00, НКИ 123/157, 02.03.1983г).

Изменение объема жидкой фазы при нагревании. Правилами Европейской Экономической Комиссии ООН предусмотрена установка автоматического устройства, ограничивающего наполнение емкости до 85% ее объема (Правилами, действующими в Узбекистане данный объем составляет до 80%). Данное требование объясняется большим коэффициентом объемного расширения жидкой фазы, который для пропана составляет 0,003, а для бутана 0,002 на 1°C повышения температуры газа. Для сравнения: коэффициент объемного расширения пропана в 15 раз, а бутана в 10 раз, больше, чем у воды.

Изменение объема газа при испарении. При испарении одного литра сжиженного газа образуется около 250 л газообразного. Таким образом, даже незначительная утечка СПГ может быть опасной, так как объем газа при испарении увеличивается в 250 раз. Плотность газовой фазы в 1,5—2,0 раза больше плотности воздуха, чем объясняется трудность рассеивание в воздухе при утечках газа, особенно в закрытом помещении. При этом пары его могут накапливаться в естественных и искусственных углублениях, образуя взрывоопасную смесь. СНиП 42-01-2002 предусматривает обязательную установку газоанализатора, выдающего сигнал отсечному клапану на закрытие в случае скопления газа в концентрации 10% от взрывоопасной.

Одорация. Все углеводородные газы, включая СНГ, практически не пахнут, поэтому для безопасности и своевременной диагностики утечек газа органами обоняния человека в него добавляют незначительные количества сильнопахнущих веществ (одоранты). При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001% СНГ должны быть одорированы. Для одорации применяется этилмеркаптан (C_2H_5SH), представляющий собой неприятно пахнущую жидкость плотностью 0,839 кг/л и с точкой кипения 35°C. Порог чувствительности запаха 0,00019 мг/л, предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³. В случае, когда токсичность в норме или несколько ниже нормы, запах одоранта практически не ощущается и его накопления в помещении не наблюдается.

Одоранты газов должны быть физиологически безвредны, с неприятным запахом, легко обнаружимыми при малых концентрациях, не вызывающими коррозию материалов и т.д.

Как правило, отечественной газоперерабатывающей промышленностью, в качестве одоранта газов используется этилмеркаптан, а в других странах (табл. 2.6) применяются другие различные одоранты. Для ввода в поток газа используют одоризаторы, которые бывают барботажного и капельного типов. Как правило, зимой расход одоранта назначают вдвое больше, чем летом. Существующей нормативной документацией качество одоризации газа устанавливается на запах по десятибалльной

шкале, которая является субъективным способом, имеющим неточность.

В этой связи ОГ газовых двигателей, особенно на СНГ имеют резкий запах, который могут отрицательно сказывается на самочувствии людей.

Таблица 2.6.

Виды одорантов углеводородных газов

Наименование	Плотность, г/см ³	Расход одоранта на 1 м ³ СНГ, мл		
		Россия	Англия	США
Этилмеркаптан	0.83	12.5	14.3	16.0
Тетрагидротиофен	0.93	12.0	12.0	—
Амиловый меркаптан	0.83	12.5	20.4	—
Колодорант	0.77	—	198	260.0
Пенталарма	—	—	—	140

4.3. Водно-топливные эмульсии

Применение воды в рабочем процессе тепловых двигателях началось практически одновременно с их изобретением. Основоположниками быстроходных двигателей даны научные объяснение действия воды или водяного пара на рабочий процесс поршневых двигателей и других энергетических установок. Еще Г.Р. Риккардо объяснял действие впрыска воды в целях предотвращения детонации, у которой скрытая теплота парообразования способствует уменьшению температуры в конце сжатия и увеличению коэффициента наполнения.

Работами Я.Б. Зельдовича применением воды объясняется изменение хода цепных реакций окисления азота с уменьшением выхода из них оксидов азота, связанным замещением части воздуха вблизи окисляющихся молекул углеводородов парами воды, играющими функции ингибитора.

Подача воды для питания ДВС осуществляется двумя способами: отдельной (параллельной) подачей воды и подачей в виде эмульсий. Подготовка же водно-топливных эмульсий может быть заранее или непосредственно на транспортной системе с помощью бортовых диспергирующих систем.

Целями применения воды в рабочем процессе ДВС могут рассматриваться: снижение вредных выбросов (ВВ) с

отработавшими газами; форсирование двигателя по мощности; экономия (замещение) нефтяного моторного топлива; перевод дизеля на работу на более тяжелом топливе; снижение теплонапряженности деталей двигателя; проведение приработки двигателя после ремонта; очистка деталей цилиндропоршневой группы двигателя от нагара и других отложений и т.д.

Эмульсии – дисперсные системы, состоящие из двух взаимно нерастворимых жидкостей, жидких фаз, одна из которых диспергирована в виде микроскопических капелек в другой.

Жидкость, раздробленная на капельки, называется дисперсной (внутренней) фазой, а жидкость, заполняющая пространство между капельками называется дисперсионной (внешней) средой.

Топливо (масло) диспергированное в воде называется эмульсией прямого типа, а вода диспергированная в топливе (масле) – эмульсией обратного типа (рис. 2.2).

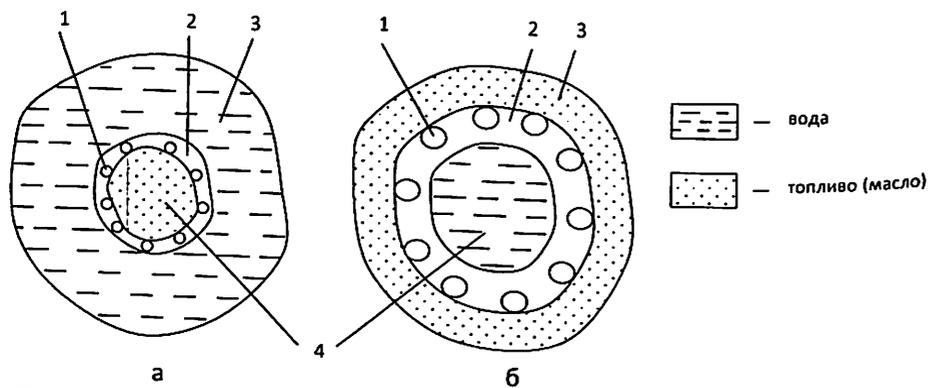


Рис. 2.2. Схематические изображения водно-топливных эмульсий прямого (а) и обратного (б) типов: 1 – эмульгатор; 2 – сольватная оболочка (слой); 3 – дисперсная среда; 4 – дисперсная фаза

Эмульсии бывают разбавленные простые и концентрированные. Концентрированные и более сложные эмульсии, как правило, являются неустойчивыми системами. Вследствие увеличения поверхностного натяжения на поверхности раздела фаз, капли дисперсной фазы стремятся к взаимному слиянию, что ведет к разрыву дисперсной фазы. Этот процесс может завершиться полным расслоением системы и разделением ее на

две самостоятельные фазы. Для достижения стабильности полученной эмульсии используются дополнительные вещества – эмульгаторы.

Эмульсии получают эмульгированием, т.е. приготовлением устойчивых и высокодисперсных смесей, осуществляемых диспергированием и конденсацией.

Эмульгатор – поверхностно-активное вещество, адсорбирующее на поверхности двух несмешивающихся жидкостей, которое облегчает диспергирование одной жидкостей в другой вследствие уменьшения межфазного поверхностного натяжения. Стабильность эмульсии характеризуется кинетической и агрегативной устойчивостью.

Кинетическая или седиментационная устойчивость представляет собой свойство диспергированных капель удерживаться под действием броуновского движения во взвешенном состоянии без оседания. При этом распределение капель в пространстве по высоте подчиняется определенному закону и зависит от рода дисперсионной среды, типа эмульгатора, размера капель и температуры. С увеличением дисперсности эмульсии ее кинетическая устойчивость возрастает, но при увеличении температуры она понижается.

Агрегативная устойчивость – это способность эмульсии сопротивляться слиянию дисперсной фазы (агрегатированию) и сохранять состояние дисперсности.

В зависимости от размера капелек дисперсной фазы эмульсии подразделяются на два типа: макро и микро. К макроэмульсиям относятся эмульсии, имеющие размер капель дисперсной фазы больше длины световой волны ($\lambda \approx 0,3 \dots 1,2$ мкм). Поэтому за счет рассеивания света они приобретают молочный цвет, тогда как микроэмульсии имеют размер капель дисперсной фазы меньше длины волны света и они по этой причине прозрачные.

При увеличении температуры значения вязкости эмульсии и базового топлива сближаются, так что уже при $85 \dots 90^\circ \text{C}$ они отличаются мало. Это дает основание считать, что при этих температурах эмульгирование топлива незначительно влияет на качество его распыливания.

Коэффициент поверхностного натяжения эмульсии σ , зависит от состава, свойств компонентов и температуры. Для ВТЭ влияние

температуры значительно сильнее, чем у чистого топлива, причем оно усиливается с увеличением содержания воды. Величина σ , большинства ВТЭ удовлетворительно описывается линейным уравнением вида

$$\sigma_3/\sigma_T = 1 + (A + BT_3)K_B, \quad (2.7)$$

где σ_3 и σ_T – коэффициенты поверхностного натяжения на границах «эмульсия – воздух» и «топливо – воздух»;

A и B – экспериментальные константы (для эмульсий топлива ДЛ, ДЗ A=2,4, а B=0,03);

T_3 – температура эмульсии.

Важными эксплуатационными характеристиками ВТЭ являются температура вспышки $T_{вс}$ и температура застывания T_3 . с увеличением влажности эмульсии величина $T_{вс}$ возрастает, причем ее изменение описывается с достаточной точностью линейным уравнением

$$T_{вс} = T'_{вс} + AK_B, \quad (2.8)$$

где $T'_{вс}$ – температура вспышка базового топлива;

A – константа, определяемая типом топлива и эмульсии;

K_B – концентрация воды.

Температура застывания ВТЭ зависит от температуры застывания самого топлива и содержания воды. Процесс застывания всех эмульсий носит общий характер. При температуре примерно 0 °С появляются первые кристаллики воды, выделение которых усиливается при понижении температуры и ведет к полной потере текучести эмульсии при T_3 . величина T_3 резко увеличивается при повышении содержания воды в эмульсии, что значительно затрудняет использование в зимнее время предварительно полученных ВТЭ.

В зависимости от состава бензина и рода эмульгатора температура застывания ВТЭ с содержанием 10...30 % воды колеблется от –3 до –15 °С. Для снижения температуры застывания могут быть использованы антифризные добавки – этиленгликоль, этанол и др.

Способы получения водно-топливных эмульсий. В качестве эмульгаторов могут применяться коллоидные мельницы, струйные диспергаторы, роторно-пульсационные, ультразвуковые и кавитационные установки, гомогенизаторы и другие устройства. В этих устройствах средний диаметр капелек эмульсий может быть до 5 мкм в зависимости от затрат энергии и от особенности их конструкции.

Наибольшее распространение нашли ультразвуковые установки, где реализовано воздействие на вещество ультразвуковых волн малой длины с высокой частотой (от 20 кГц и выше), производящие обработку в кавитирующих жидкостях с целью эмульгирования несмешивающихся жидкостей. Данный вид ультразвуковой обработки базируется на использовании вторичных эффектов кавитации – высоких локальных давлений и температур, образующихся при захлопывании – кавитационное разрушение внутри жидкости, т.е. образование в капельной жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью (образование каверн – пустоты).

Водно-топливные эмульсии могут быть получены непосредственно перед их подачей в систему питания двигателя. При этом будут отсутствовать дополнительные затраты на поддержание стабильности получаемой эмульсии.

Проведение стендовых испытаний двигателей на водно-топливных эмульсиях может выполняться с помощью стационарной системы (рис. 2.3).

Высокое качество получаемой ВТЭ может обеспечиваться гидрораспылителями, осуществляющими диспергирование путем впрыска воды в топливо. В результате дробления струи воды и возникающей при этом турбулентности мельчайшие водяные капли равномерно распределяются в топливе, образуя эмульсию. Схема автомобильной установки, работающей по этому принципу, приведена на рис. 2.4, а.

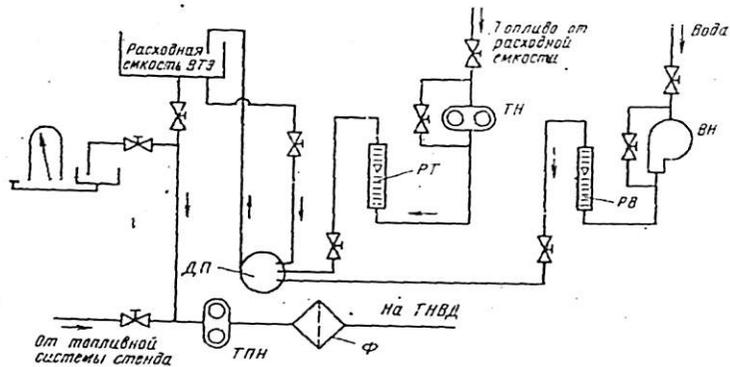


Рис. 2.3. Схема стеновой установки по приготовлению водно-топливной эмульсии: ДП – диспергирующее устройство; ТПН – топливподкачивающий насос; ВН – водяной насос; Ф – фильтры грубой и тонкой очистки топлива; РТ и РВ – ротаметры (расходомеры) топлива и воды.

Смесь топлива, воды и эмульгатора из бака 1 засасывается насосом 8 и под давлением, регулируемым клапаном 2, впрыскивается через форсунку 5 в эмульсионную емкость 6. После впрыска заданного количества жидкости реле времени 7 переключает клапанное устройство 4 на прекращение подачи смеси к форсунке и жидкость через имитатор давления 3 сбрасывается в бак. Согласно экспериментальным данным, с увеличением давления впрыска степень дисперсности воды возрастает, и она более равномерно распределяется в дисперсионной среде, что повышает стабильность эмульсии. Поэтому устойчивость ВТЭ, получаемой данным способом при давлении впрыска около 4,0 МПа, обеспечивается введением в смесь не более 0,2 % эмульгатора ОП-7. Основная масса эмульсии включает капли диаметром 0,1...5 мкм, и лишь незначительное число капель имеет диаметры до 30 мкм.

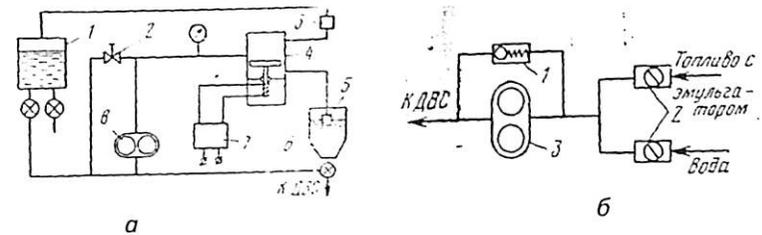


Рис. 2.4. Схема гидравлического (а) и механического (б) эмульгирования топлива

В качестве бортовых диспергирующих устройств используются шестеренчатые насосы, гидрораспылители, ультразвуковые излучатели и др. Типовая схема эмульгирования топлива с помощью шестеренчатого насоса приведена на рис. 2.8, б. Необходимое соотношение «вода – топливо» устанавливается при помощи двух регулируемых жиклеров 2. Водно-топливная смесь, проходя через шестеренчатый насос 3, приводимый в действие двигателем, подвергается интенсивному перемешиванию и диспергированию. Максимальное давление в системе ограничивается перепускным клапаном 1. Метод достаточно прост, однако образующаяся эмульсия отличается грубой дисперсностью и быстро расслаивается, в связи, с чем для ее стабилизации необходимо вводить довольно значительное количество эмульгатора.

В последние годы для получения ВТЭ на автомобиле используются компактные ультразвуковые эмульгаторы, позволяющие получать эмульсии высокого качества. Ультразвуковой диспергатор (рис. 2.5) включает ультразвуковой генератор 3, подсоединенный к акустическому гидродинамическому излучателю с пластинчатым резонансным колебательным устройством 1, помещенным в потоке водно-топливной смеси.

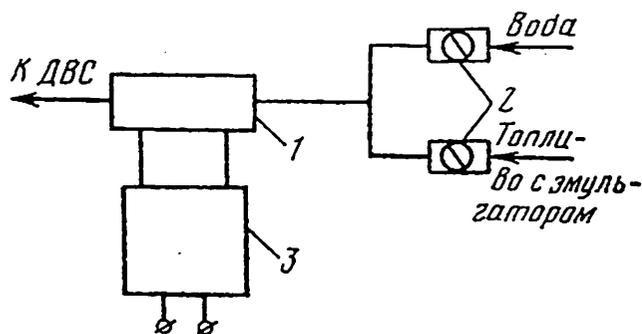


Рис. 2.5. Схема ультразвукового эмульгирования топлива

Соотношение «вода – топливо» поддерживается с помощью регулируемых жиклеров 2. Получаемая данным методом эмульсия имеет однородную и мелкодисперсную (4...8 мкм) структуру, но недостаточную устойчивость, вследствие чего необходимо введение эмульгаторов. При использовании в качестве эмульгатора мазута эмульсия начинает разлагаться с коагуляцией мелкодисперсной фазы примерно через 5 мин после прекращения ее циркуляции через излучатель. При возобновлении циркуляции коагулированной эмульсии она полностью восстанавливает начальную мелкодисперсную структуру. При работе двигателя топливо подвергается различным воздействиям, в том числе интенсивному нагреву, в связи с чем ВТЭ должны сохранять стабильность до температур порядка 80...90 °С. Приемлемая агрегативная, кинетическая и термическая стабильность эмульсии в условиях эксплуатации может быть обеспечена только применением термоустойчивых эмульгаторов. Особо следует отметить требование к фильтруемости ВТЭ. При прохождении ВТЭ через хлопчатобумажные фильтрующие элементы часть воды задерживается, что со временем приводит к неустойчивой работе двигателя. Одновременно из-за высокой тонкости отсева фильтра (10...11 мкм) структура эмульсии разрушается. Поэтому фильтрующие элементы из гидрофильных материалов непригодны для очистки ВТЭ.

Удовлетворительные результаты получены при использовании фильтров, изготовленных из никелевой сетки саржевого плетения

с тонкостью фильтрации 12...16 мкм, которые не разрушают эмульсионную структуру и обладают большим ресурсом работы.

Основным элементом систем по получению ВТЭ являются устройства, обеспечивающие наименьшие величины среднего диаметра дисперсной фазы, где для этого используются различные теплогидродинамические явления.

В качестве примера можно описать принцип работы следующего устройства – кавитационной насадки (рис. 2.6), состоящей из корпуса, в котором установлена подвижная тонкая (не более 1 мм) стальная мембрана 2 с четырьмя отверстиями, сопло 3, имеющее центральное отверстие и четыре боковых. На конце корпуса закреплена мембрана 4 с 12 отверстиями. Смесь компонентов подается на вход сопла корпуса 1. При втекании струи в расширяющуюся область насадки, ограниченную мембраной 2, возникает гидравлический удар о жидкость, заполняющую это пространство, и мембрану, что вызывает распад струи и значительные пульсации скорости потока, а также колебания стальной мембраны. Это обеспечивает предварительное диспергирование внутренней фазы эмульсии. Далее поток ВТЭ проходит через отверстия в мембране 2, и, как в первом случае, попадая в область за мембраной, имеющей значительно меньшую скорость, испытывает гидравлический удар, приводящий к дальнейшему дроблению внутренней фазы. Сопло 3 выполнено в виде конфузора, поэтому поток эмульсии, ускоряясь в нем, при истечении из него в область перед мембраной 4 вызывает мощные турбулентные пульсации. Отверстия мембраны 4 обеспечивают те же процессы, что и в мембране 2, но гидравлический удар будет немного больше. При высокой скорости истечения потока через отверстия в мембране 4 давление в нем понижается до образования пузырьков паров жидкости. При попадании их в объем за мембраной, имеющей более высокое статическое давление, рост пузырьков прекращается, и происходит их схлопывание, обеспечивая эффективное дробление внутренней фазы эмульсии. Существенное влияние на изменение размера дисперсной фазы эмульсии оказывает конфигурация кромки отверстий в мембранах. Наилучшие результаты были достигнуты при остроконечной форме ее сечения с углом наклона образующей конус в 45°. Наличие четырех кавитационных зон

обеспечивает сокращение числа проходов смеси через насадку (не более 2) и создание наивыгоднейших условий кавитационного дробления эмульсий, что способствует улучшению качества приготавливаемой эмульсии. Увеличение количества зон было признано нецелесообразным, так как повышалось сопротивление насадки, что вызывает сильный нагрев эмульсии, увеличение времени и энергопотребления для ее приготовления.

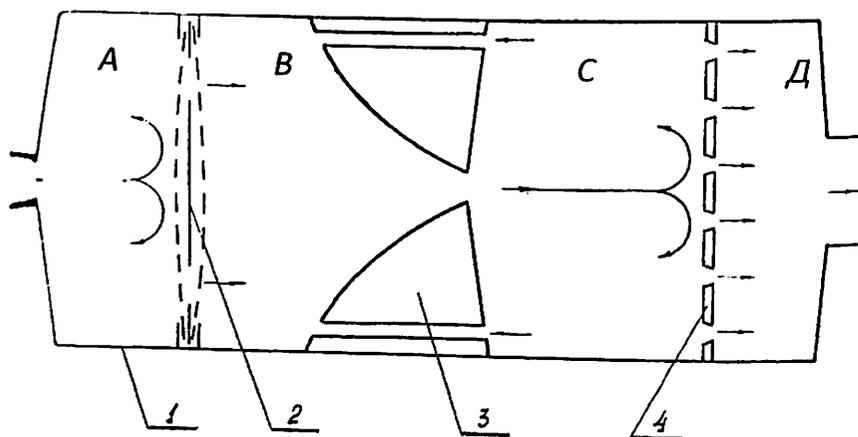


Рис. 2.6. Принципиальная схема кавитационной насадки
1 – корпус; 2, 4 – мембраны; 3 – сопло; А, В, С, Д – кавитационные зоны (полости)

Имеется ряд установок стационарного типа, а также бортовая установка для получения ВТЭ в условиях транспортной машины. По принципу работы все установки являются дискретного действия, т.е. сначала система заправляется компонентами эмульсии, а затем насосом через насадку обеспечивается ее приготовление. Принципиальная схема одной из установок приведена на рис. 2.7.

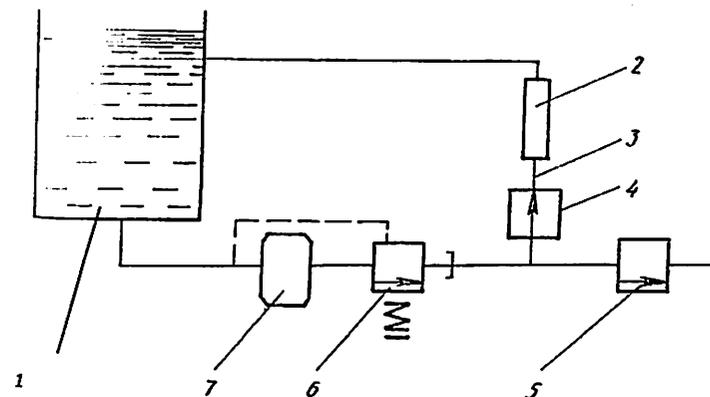


Рис. 2.7. Принципиальная схема стационарной установки по приготовлению ВТЭ
1 – бак с компонентами; 2 – насадка; 3 – напорная магистраль; 4, 5 – электромагнитные клапаны; 6 – предохранительный клапан; 7 – насос

Устойчивые эмульсии образуются при введении этих эмульгаторов в количества не более 0,5 %, что позволяет свести к минимуму их влияние на рабочий процесс двигателя. Вязкость эмульсий, стабилизированных синтетическими ПАВ, значительно меньше вязкости эмульсий на основе других эмульгаторов. Например, вязкость ВТЭ с содержанием воды до 20 % находится в пределах, установленных ГОСТ 4749 для безводного ДТ, т.е. не более 8 сСт. Наряду с этим улучшаются характеристики топливных эмульсий по дисперсности и устойчивости.

На стабильность эмульсий большое влияние оказывает природа дисперсионной среды. Наиболее стабильны эмульсии на основе высоковязких мазутов и тяжелых нефтяных остатков. Напротив, время стабильности большинства ВТЭ, приготовленных из легких бензинов, мало и для большинства водно-керосиновых и водно-бензиновых эмульсий исчисляется часами. Например, при нормальных температурах эмульсия керосина с добавкой 1 % эмульгатора ОП-7 полученная с помощью механической мешалки, начинает расслаиваться уже после 20 ч, причем скорость деградации значительно увеличивается при

повышении температуры. Стабильность водно-бензиновых эмульсий данного типа еще ниже.

Современные методы повышения стабильности ВТЭ заключаются в применении более эффективных эмульгаторов, различном воздействии на водные присадки (магнитная обработка, ионизация, дистилляция и т.д.) и оптимизации режимных условий получения. Так, например, применение дистиллированной воды совместно со смесевым эмульгатором на основе пентола позволяет получить высокостабильные эмульсии на базе современных бензинов с содержанием от 5 до 65 % воды при концентрации эмульгатора 5...15 % (на водную присадку). По основным физико-химическим свойствам современные ВТЭ практически идентичны базовому топливу, а по антидетонационным свойствам даже превосходят его.

У большинства эмульсий кинетическая устойчивость еще ниже агрегативной. Для обеспечения длительного хранения ВТЭ можно использовать ее непрерывное перемешивание или принудительную циркуляцию, что, однако, является весьма сложным и энергоемким процессом. Более перспективным способом представляется сжигание эмульсий непосредственно после их приготовления на автомобиле или на другом виде транспорта, стационарной установки.

Организация рабочего процесса. Эмульсия применительно к ВТЭ состоит из дисперсной среды (топлива), в которой в виде сферических образований диаметром примерно до 18 мкм находятся одна или несколько капель дисперсной фазы – воды.

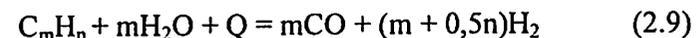
Многими исследователями отдается следующая предпочтительная упрощенная модель нагрева, испарения дисперсионной фазы ВТЭ и воспламенения образованной сложной горючей смеси.

В процессе сжатия рабочего заряда в цилиндре давление возрастает до 4...9 МПа, температура – 450...830 °С. Принимая процесс квазиравновесный с мгновенным выравниванием давления по всему объему гетерогенного заряда, включая его жидкую фазу и считая температуру дизельного топлива равной температуре кипения 96 %-й фракции (~360 °С) расчет испарения капель производится по температуре кипения (≈290 °С) 50 %-й фракции. При этом поток теплоты, направленный от газа к капле,

сначала расходуется только на нагревание дисперсной среды до температуры кипения и ее испарения, а часть его отводится на нагревание водяных включений, которые как дисперсная фаза выкипает с парообразованием без объемного процесса (из-за отсутствия свободных объемов для выхода водяного пара) и считая ее закрытой (изохорной) термодинамической системой.

С наступлением момента нарушения условий равновесия сил, действующих на границе фаз «вода – дизельное топливо», происходит вторичный внутрикапельный распыл эмульсионных капель или их «микровзрыв». При этом важно, что этот процесс происходил в течение периода задержки воспламенения. Это будет способствовать тому, что сначала происходит воспламенение, и объемное горение испарившейся доли дизельного топлива, затем – диффузионное горение мелких капель.

Вода в исходном виде является, прежде всего, балластной добавкой, снижающей цикловые давления и температуры. Однако в условиях камеры сгорания наряду с чистым физическим воздействием возможно проявление химической активности воды, заключающееся в протекании реакции водяного пара и углеводородного топлива



В реакции конверсии топлива с водяным паром образуется окись углерода и водород. Процесс достаточно заметно протекает при температурах выше 1000 °С, причем его полнота определяется количеством тепла, подведенного к реагентам в период реакции. Затраченное на процесс тепло частично компенсируется при горении образовавшихся СО и H₂. В то же время присутствие водорода оказывает положительное воздействие на протекание процесса горения в целом.

Химическая активность воды выражается также в газификации несгоревших сажистых остатков топлива, которые в присутствии достаточного количества паров воды взаимодействуют с последними при температурах выше 800 °С в соответствии с уравнением



Экспериментальные исследования. На рис. 2.8 приведены зависимости параметров рабочего процесса дизеля 4Ч 10.5/13 от содержания воды в ВТЭ. Удельный эффективный расход топлива уменьшается с увеличением воды до 10...15 % в эмульсии, а затем увеличивается из-за возрастания затрат теплоты на испарение и перегрев воды.

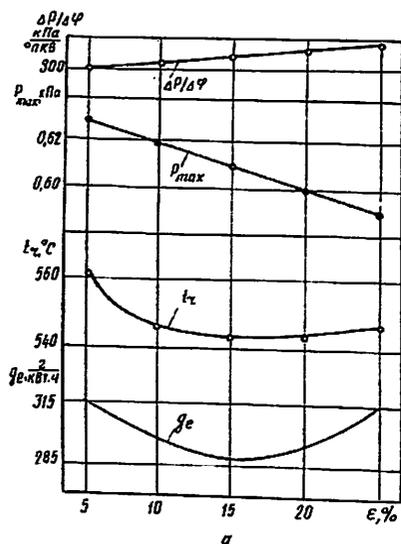


Рис. 2.8. Зависимость параметров рабочего процесса дизеля 4Ч 10.5/13 от содержания воды в эмульсии

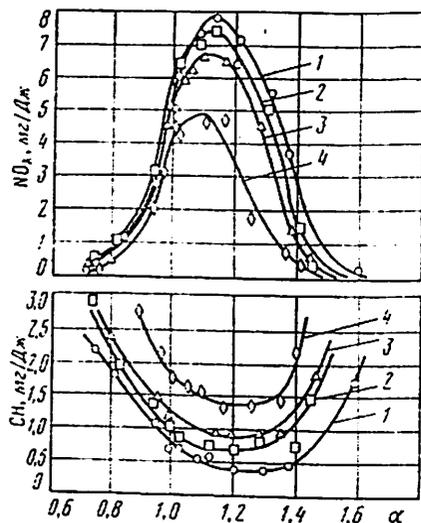


Рис. 2.9. Удельное выделение окислов азота и углеводородов бензинового двигателя ($n=1200 \text{ мин}^{-1}$; $\epsilon=8,0$) 1 – бензин; 2 – 10 % - ВТЭ; 3 – 20 % - ВТЭ; 4 – 40% - ВТЭ

Установлено, что на режиме полной нагрузки дизеля при работе на тяжелом топливе и на ВТЭ, содержащей 20 % воды удельный расход несколько снижается, также уменьшаются

выбросы окислов азота примерно на 7 %, выбросы углеводородов несколько возрастают.

Таблица 2.7.

Результаты сравнительных испытаний автомобиля на бензине и 40 % ВТЭ ($V_h = 5,74 \text{ л}$; $i = V8$)

Показатель	Бензин	ВТЭ
Количество нарушений готовности к движению	93	401
Время разгона от 0 до 97 км/ч, с	10,6	14,5
Топливная экономичность при езде, л/100 км:		
по городскому циклу (FTR)	16,39	18,87
по междугородному циклу (SAE)	13,89	14,92
Эмиссия до и после нейтрализатора, г/км:		
CH	1,53/0,36	6,04/0,74
CO	9,2/5,1	5,1/4,9
NO _x	1,65/1,3	0,39/0,34
Требуемое октановое число топлива	91	89

Наилучшие результаты дает применение ВТЭ в дизелях, где получение качественного смесеобразования является основной проблемой для организации рабочего процесса. Подача в камеру сгорания дизеля эмульсии типа «вода – топливо» обеспечивает дополнительное распыливание топлива за счет эффекта внутри капельного дробления перегретыми парами эмульгированной воды. С другой стороны, благодаря снижению тепловой напряженности имеется возможность дополнительного форсирования дизеля, в том числе посредством применения наддува.

В большинстве исследований работы дизелей на эмульгированном топливе отмечаются значительные изменения в характере индикаторных диаграмм. При переходе на ВТЭ увеличивается период задержки воспламенения и скорость нарастания давления при сгорании, а также уменьшается максимальное давление цикла. Зависимость основных параметров рабочего процесса дизеля показала, что при содержании в топливе 35 % воды максимальное давление цикла p_z снижается почти на 10 %, средняя скорость нарастания давления сгорания $(\Delta p/\Delta \phi)_{cp}$

повышается примерно в 1,5 раза, а температура ОГ T_g уменьшается на 20 %. Однако изменение удельного расхода топлива g_e носит более сложный характер. Обводнение топлива до 15 % ведет к некоторому снижению g_e за счет эффекта вторичного дробления. На это указывает также некоторое увеличение α и повышение индикаторного КПД.

Анализ патентной информации показывает, что по классу МКИ: BOIF, CIOL имеется множество изобретений (А.С.№№ 1599422, 1577704, 1595342, 598927, 1225849, 1230470 и др.) по водно-топливным эмульсиям для двигателей внутреннего сгорания. Предлагаются ряд эмульгаторов (октодециламин, полиэтиленгликоль, поливиниловый спирт, мочевиноформальдегидная смола, алкилбензилметилдиэтиламин, монодинтриглицеридов жирных кислот и др.). Результаты анализа патентной информации в основном показывает, что большинство изобретений указанного класса связаны с разработкой и вводом в состав водно-топливных эмульсий веществ – эмульгаторов, предназначенных для достижения стабильных топливных эмульсий.

Проведенные экспериментальные работы фирмой Daimler-Benz по использованию ВТЭ показали, что при содержании 20...40 % воды выброс NO_x в составе отработавших газов существенно снижается, но увеличиваются выбросы СО и СН. Отмечены преимущества отдельной подачи воды с точки зрения удобства регулирования объема подаваемой воды в зависимости от режима работы дизеля.

Значительное снижение выбросов СО связано с улучшением смесеобразования и повышением полноты сгорания.

Кроме того, присутствие значительного количества водяных паров в зонах камеры сгорания с недостатком кислорода препятствует крекингу топлива при высоких температурах, а также способствует газификации образовавшегося ранее углерода, что в целом ведет к значительному уменьшению сажеобразования.

Проведенные исследования в ТАДИ легкового автомобиля ГАЗ ($V_h=2,445$ л) на беговых барабанах фирмы Schenck (Германия) с газоанализатором Бекман без подачи и с подачей водяного пара во впускной трубопровод показали следующее:

-при испытаниях автомобиля по городскому циклу подача водяного пара во впускной трубопровод позволяет уменьшить выбросы СО в 2,27 раза и NO_x в 1,26 раза, но при этом увеличиваются выбросы СН в 2,47 раза и расход топлива в 1,03 раза;

-испытания по скоростной характеристике (90 км/час) – уменьшается мощность двигателя на 14,8 %, а по дорожной характеристике (90 км/час и $F \approx V^2$) увеличивается расход топлива на 3,8 %.

Полученные результаты доказывают необходимость проведения доводочных работ по системе управления, подачи воды или водяного пара в двигатель в зависимости от режима его работы, а ряд проведенных исследований в ТАДИ посвящены получению пожаробезопасных топлив на базе ВТЭ.

В последние годы появилась информация о способе получения ВТЭ, основанном только на кавитационных явлениях без использования стабилизаторов смеси, что значительно может конструктивно упрощать бортовые системы.

Анализ результатов проведенных исследований по использованию воды в рабочем процессе двигателей внутреннего сгорания позволяет сформулировать следующее:

1. Водно-топливные эмульсии являются действенной мерой по уменьшению вредных выбросов (окиси углерода, окислы азота, сажи) с отработавшими газами за счет увеличения теплоемкости и скрытой теплоты парообразования жидкой фазы заряда.

2. Уменьшение удельного расхода топлива наблюдается в пределах более 8...12 % содержания воды в составе ВТЭ.

3. Эффективность использования ВТЭ повышается в случае управления содержанием воды в ее составе в зависимости от режима работы двигателя.

4. Использование ВТЭ позволят значительно снизить теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы, а также удалять отложения с рабочих поверхностей камеры сгорания.

5. Не установлен определенный период стабильности ВТЭ, которые колеблются от 30 до 90 дней, а также не обоснована необходимость приготовления ВТЭ в большом объеме для последующего использования.

6. Отсутствуют достоверные данные: о сроках службы двигателей на ВТЭ; особенности эксплуатации двигателей на ВТД в зимнее время; пусковые показатели двигателя на ВТЭ; влияние эмульгаторов (поверхностно-активных веществ) на работу деталей; сохраняемость структуры ВТЭ в процессе впрыска и последующий период; влияние углеводородного состава топлива на состав ВТЭ; возможность получения ВТЭ на базе других топлив различного углеводородного состава; влияние ВТЭ на условия смазывания двигателя и на систему смазывания; влияния содержания серы на свойства ВТЭ; химическая стабильность ВТЭ; подготовка воды для получения эмульсии; наиболее целесообразное содержание воды в составе ВТЭ с точки зрения скорости нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$, максимального давления цикла по нагрузке и скоростному режиму движения; влияния ВТЭ на выбросы CO_2 ; возможности использования ВТЭ для приработки деталей после ремонта и очистки деталей до ремонта двигателя.

7. Многочисленными исследованиями установлено, что каждые 10% воды приводят к увеличению октанового числа (снижение требования к октановому числу) водяно-бензиновых эмульсий на 2—3 ед. В качестве высокооктанового компонента для использования в составе антидетонационных композиций на основе воды наибольший практический интерес представляет метанол, октановое число которого составляет около 90 по ОЧМ и 104 по ОЧИ.

4.4. Биодизельное топливо

Биодизельное топливо получают в результате реакции масла (растительного и животного происхождения, а также масляных отходов) с метанолом в присутствии щелочного катализатора. После короткой трансэтерификационной реакции происходит разделение смеси: верхняя фаза - эфиры жирных кислот (биодизельное топливо), а нижняя - глицерин. Каждая часть получаемых веществ также требует доработки (очистки) для последующего их использования по назначению. Эфирная доза данной реакции содержит много глицерина и метанола. Обычно глицерин удаляется промывкой, а метанол - выпариванием.

Общая схема получения биодизельного топлива (БДТ) представлена на рис. 2.10.

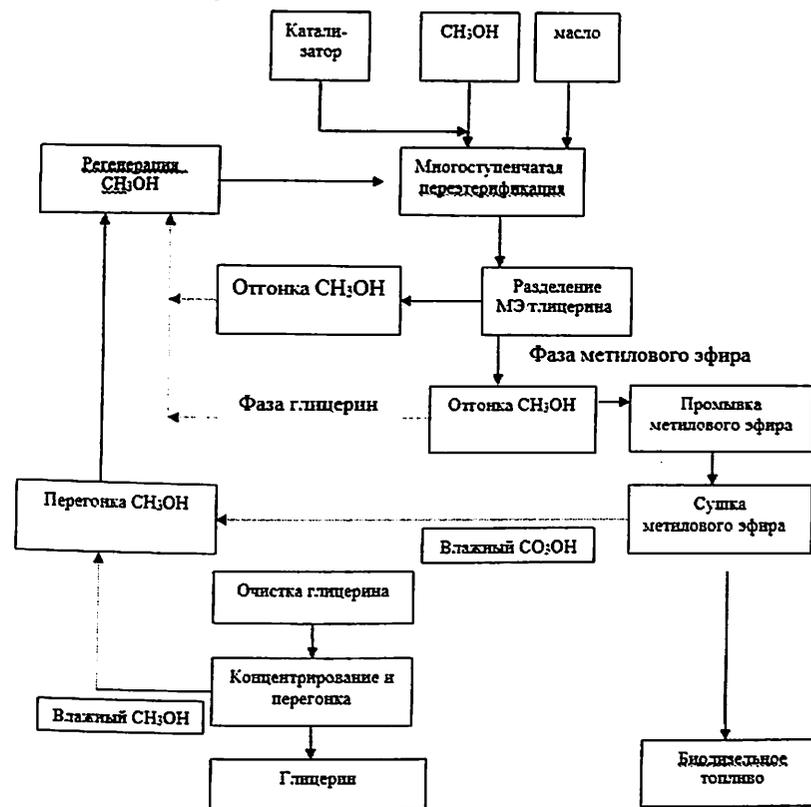


Рис. 2.10. Общая схема получения биодизельного топлива

Растительные масла состоят в основном из триглицеридов высших жирных кислот, основные характеристики которых приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8.

Сравнительная характеристика растительных масел

Масло	Цвет	Содержание масла, % на сухое вещество	Содержание кислот, %	
			Насыщенные	Ненасыщенные
Абрикосовое	Светло-желтый	40...51	0,5...5,3	13...70
Конопляное	Желто-зеленый	28...35	—	65...16
Кукурузное	Золотисто-желтый	18...50	0,4	41...45
Кунжутное	От желтого до коричневого	35...55	0,4	37...48
Льняное	От желтого до бурового	30...47	—	15...29
Пальмовое	От темно-желтого до темно-красного	51...67	—	54,8...57
Подсолнечное	Золотисто-желтый	33...57	0,7...1	46...40
Рапсовое	Бурый	33...45	1,5...1,5	14...25
Соевое	От светло-желтого до темно-желтого	13...26	1,0	44...50
Хлопковое	От красно-бурого до черного	16...25	0,6...0,5	35...42

На сегодняшний день различают четыре поколения биотоплива (Табл. 2.9).

Таблица 2.9.

Поколения биотоплива

Поколения биотоплива	Сырье	Примеры	
		Содержат атом кислорода в молекуле	Не содержат атом кислорода в молекуле
I	Сахара, крахмал, растительные масла и животные жиры	Биоэтанол, биодизель	
II	Непродовольственные (энергетические) культуры, пшеничная солома, древесина, твердые отходы (содержащие целлюлозу)	Биодизель (эфир), биэфиры целлюлозный этанол (химический и ферментативный гидролиз)	биодизель Фишера-Троша
III	Макро- и микроводоросли	Биодизель (эфир), этанол из водорослевых полисахаридов	Пиролизная биогаз
IV	Растительное масло, биодизель (эфир)		Биобензин

Особенно важен кислородный состав масел и животных жиров для получения БДТ (табл. 2.10).

Метанол – CH_3OH , используемый в процессе получения БДТ добавляется примерно 10 % по массе. Известно, что он является ядовитой жидкостью и образует взрывоопасные смеси с воздухом в объемных концентрациях 6,72...36,5 % при температуре вспышки 15,6 °С, и поэтому процесс использования производится в соответствии с существующими требованиями.

Таблица 2.10.

Кислородный состав растительных масел и животных жиров

Тип жира/масла	Лауриловая	Миристиновая	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая
Кокосовое масло	45	20	5	3	6	—
Пальмовое масло	55	12	6	4	10	—
Твердый говяжий жир	—	2	29,0	24,5	44,5	—
Твердый бараний жир	—	2	27,2	25,0	43,1	2,7
Свиное сало	—	—	24,6	15,0	50,4	10,0
Оливковое масло	—	—	14,6	—	75,4	10,0
Арахисовое масло	—	—	8,5	6,0	51,6	26,0
Кукурузное масло	—	—	6,0	2,0	44,0	48,0
Соевое масло	—	—	11,0	2,0	20,0	64,0

В качестве щелочных катализаторов обычно используют КОН-кристаллы, растворенные в метаноле; NaOH – кристаллы, растворенные в метаноле и метилат натрия, растворенные в метаноле и метилат натрия, растворенные в метаноле (табл. 2.11).

Таблица 2.11.

Преимущества и недостатки щелочных катализаторов

Преимущества	Наиболее дешевый катализатор	Высокий выход МЭРМ	Образует с избытком СЖК (мыло)
	Доступность	Хорошая растворимость в метаноле	Доступность
	Соли растворимы в воде	Расход примерно на 50 % ниже, чем NaOH	Нерастворимые калийные соли могут быть

			проданы в качестве удобрений
	NaOH	NaOCH ₃	КОН
Недостатки	Образование реакционной воды приводит к большим потерям	Небольшое количество поставщиков	Загрязнения в термических процессах
	Плохая растворимость в метаноле	Примерно в 4 раза дороже, чем NaOH	В 2 раза дороже, чем NaOH
	Гигроскопичность, необходимость хранения в атмосфере азота		Плохая растворимость в метаноле

Биодизельное топливо можно получить также путём обработки животных жиров, что позволит утилизации всех видов жировых отходов мясоперерабатывающих предприятий с целью улучшения общей экологической обстановки (Рис.2.11).

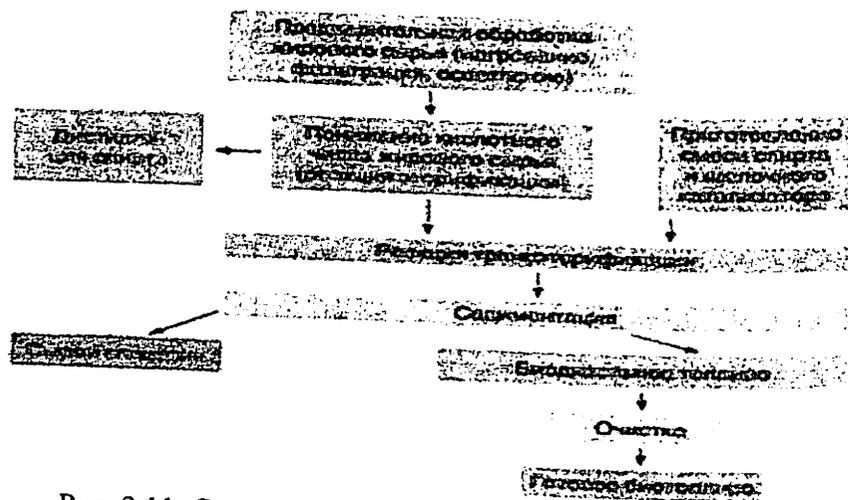


Рис. 2.11. Схема получения биодизельного топлива из животных жиров

Многие страны разработали соответствующие нормативные документации на биодизельное топливо, например, в Америке и странах Европы появились стандарты на биодизельное топливо, в

которые вошли физико-химические показатели, определяющие качество метиловых эфиров растительных масел (МЭРМ), используемых не только как самостоятельный вид топлива, но и как компонент смесового топлива (например, в смеси с дизельным топливом), в России ТУ У 24.1-34582279-002:2006, в Европе EN 14214. В табл. 2.12 приводятся свойства биодизельного топлива в соответствии с EN 14214. На основании этих данных видно, что получаемое БДТ имеет несколько отличительные физико-химические и другие показатели, чем дизельное топливо.

Таблица 2.12.

Сравнительные показатели дизельного и биодизельного топлив по EN 14214

№	Показатели	Ед. изм.	Дизельное топливо	БДТ
1	Плотность	кг/м ³	826	877
2	Кинематическая вязкость	мм ² /с	3,83	8,0
3	Поверхностное натяжение	н/м	27,1·10 ⁻³	30,7·10 ⁻³
4	Цетановое число, не менее	—	45	48
5	Температура воспламенения, не менее	°С	60	120
6	Температура застывания, не менее	°С	-10	-8
7	Коксуемость 10 % остатка, не более	%	0,5	0,3
8	Кислотное число	мг КОН/г	0,06	0,5
9	Содержание серы, не более	%	0,2	0,02
10	Содержание золы, не более	%	0,02	0,02
11	Суммарное содержание глицерина, не более	%	—	0,3
12	Нижшая теплота сгорания	МДж/кг	42,5	37,7
13	Теоретическое необходимое количество воздуха для полного сгорания	кг	14,35	12,6
14	Элементарный состав топлива:	%		
		С	87	77,5
		Н	12,6	12,0
		О	0,4	10,5

4.5. Азотоводородное топливо

Азотоводородное топливо имеет структуру по аналогии с углеводородным топливом, где углерод замещен азотом. Из известных соединений азота и водорода наиболее стабильными и представляют интерес для рассмотрения в качестве возможного перспективного топлива являются аммиак (NH_3) и гидразин (N_2H_4).

Аммиак бесцветный газ с характерным запахом, который сжижается при 25°C и давлении 1 МПа и имеет температуру плавления $-77,5^\circ\text{C}$, температура кипения равна $-33,4^\circ\text{C}$. Хранится аммиак в жидком виде в стальных баллонах. Массовая энергоемкость аммиака ниже, чем бензина, метанола и водорода примерно в 2,5; 11 и 7 раз. При объемной энергоемкости он также уступает бензину и метанолу (примерно в 3 и 1,3 раза), но благодаря относительно высокой плотности превосходит по этому показателю жидкий водород. Аммиак характеризуется экстремальной антидетонационной стойкостью: его октановое число по моторному методу составляет примерно 111, по исследовательскому - около 130.

Гидразин - вязкая ядовитая жидкость, ее плотность при 20°C равна $1,01 \text{ г/см}^3$, температура кипения 113°C .

Оценка опасности азотоводородных заменителей бензина или дизельного топлива включает исследование их токсичности (действие на организм человека при вдыхании, проглатывании и попадании на кожу) и воспламеняемости. Для оценки несчастных случаев можно воспользоваться так называемым индексом несчастных случаев, который получается путем деления упругости паров на ПДК (рис. 2.12).

Условия в камерах сгорания современных дизелей и двигателей с искровым зажиганием недостаточны для обеспечения устойчивого рабочего процесса на аммиачном топливе. Это связано с высокими температурами воспламенения аммиачно-воздушных смесей, приводящие к вялым горением, что обусловлено низкой температурой пламени аммиака, в связи с чем самоускорение реакций горения замедляется. Для успешного использования чистого аммиака в качестве топлива необходимо, как минимум, существенное повышение энергетического уровня

зажигания, поэтому в двигателях с принудительным воспламенением сгорание аммиака обеспечивается лишь при наличии высокотемпературной свечи с широким искровым промежутком и достаточно мощной катушкой зажигания.

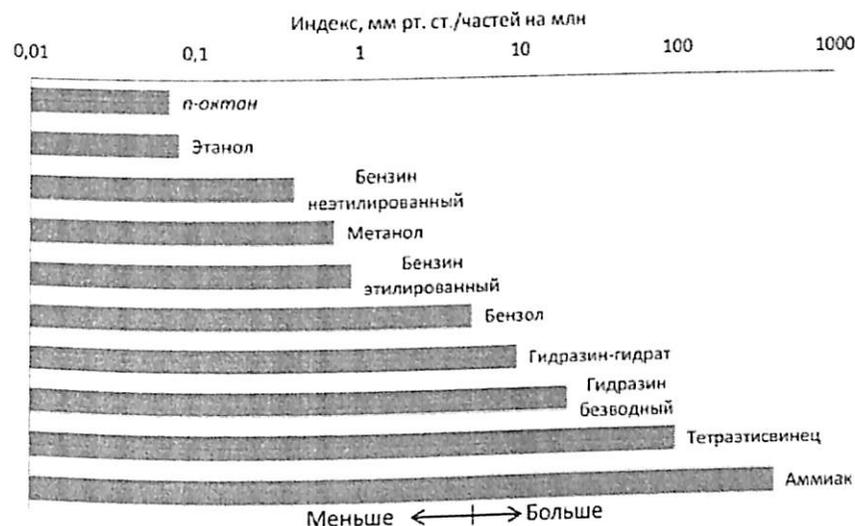


Рис. 2.12 Индекс опасности некоторых топлив и близких к ним химических продуктов

4.6. Шахтный газ

Шахтные или угольные газы, состоящие из метана, углекислого газа, тяжелых углеводородов, азота, сероводорода и водорода, рождаются в процессе превращения растительного материала в торф и уголь, в процессе метаморфизма углей на протяжении всего времени существования угольных месторождений изменяется от 60 до 98 %. При добыче угля метан относится к вредным примесям. Он образует с воздухом взрывоопасную смесь (отсюда и большие затраты на вентиляцию шахт), он служит основной причиной внезапных выбросов угля и газа, сопровождающихся измельчением угля, большим выделением газа за короткое время и появлению полости в пласте.

Метан угольных месторождений можно использовать как энергетическое сырье. В процессе углефикации от бурых углей до антрацита образуется до 200 м^3 с 1 т угольной массы. Суммарное

количество метана, связанного с углем, весьма значительна. Так, углями месторождений Восточно-Европейской платформы прогенерировано около $6,72 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$ метана. Из этого количества сейчас сохранилось не менее $6,7 \cdot 10^{14} \text{ м}^3$, что значительно превосходит потенциальные ресурсы свободного природного газа в залежах.

Метан, скапливается благодаря адсорбции в угле, в вертикальных разломах и трещинах угольных пластов, расслоениях и пустотах между ними. Из одной короткой тонны угля (907 кг) обычно получается 6...8 м^3 газа. Если предположить, что предельные мировые угольные ресурсы составляют 10^4 млрд.т, то содержание газа в угольных залежах может составить примерно 2200...2700 ЭДж (1 ЭДж равен 26 млрд. м^3 природного газа).

4.7. Генераторный и канализационный газы

Генераторные или искусственные газы образуются путем превращения органической части твердых горючих ископаемых (уголь, торф, сланцы) или жидких топлив (нефтяное сырье) в горючие газы при высокотемпературном ($1000 \dots 2000 \text{ }^\circ\text{C}$) взаимодействии с окислителем (O_2 , воздух, водяной пар, CO_2) в газогенераторах (Рис.2.13).

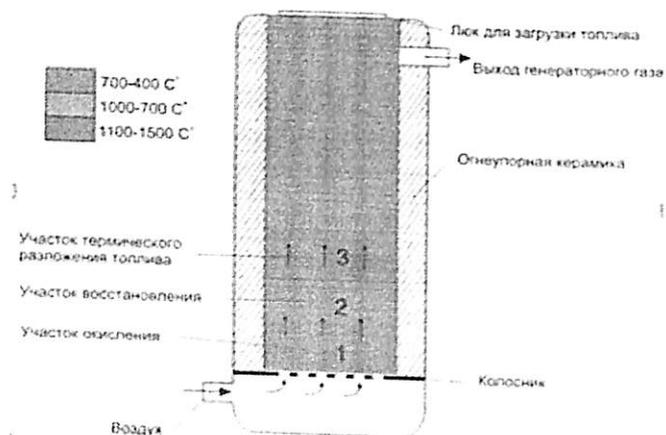


Рис.2.13. Схема реализации прямого газогенераторного процесса

Применение газогенераторов для автомобилей началось гораздо раньше, чем использование СПГ или СНГ в качестве моторного топлива (Рис.2.14).

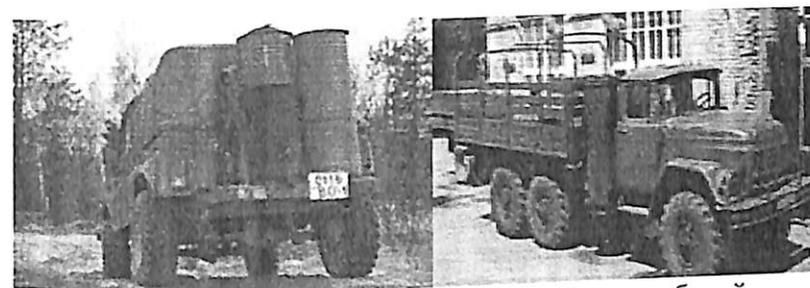
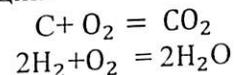


Рис.2.14. Образцы газогенераторных автомобилей

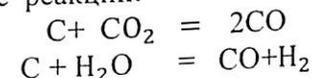
Для получения газообразного (генераторного газа), используемого в двигателях, путем без остаточной газификации твердого топлива на автомобилях применялись газогенераторы с воздушным дутьем или в некоторых случаях – с дополнительным введением относительно небольшого количества водяного пара.

В газогенераторе протекают несколько окислительные и восстановительные химические реакции

Окислительные реакции:



Восстановительные реакции:



Основными компонентами генераторного газа являются оксид углерод (CO), водород (H_2), метан (CH_4), непредельные углеводороды (СН), двуоксид углерода (CO_2), азот (N_2), кислород (O_2), водяной пар (H_2O).

Газогенераторы бывают с прямым, обращенным и горизонтальными процессами (рис. 2.15). Условно всю внутреннюю полость газогенератора можно разделить на зоны горения, газификации (восстановления), сухой перегонки и подсушки топлива.

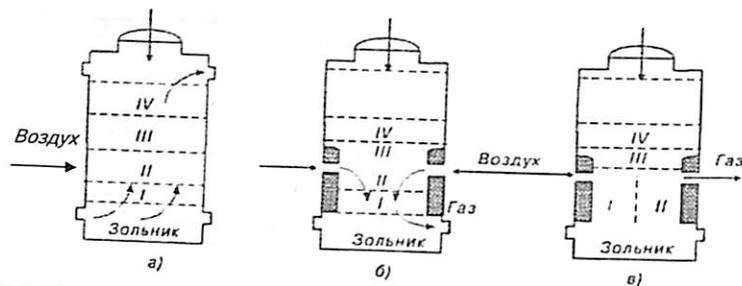


Рис. 2.15. Газогенераторы с различными процессами газификации топлива:
 а – с прямым; б – с обратным; в – с горизонтальным; I – зона горения; II – зона восстановления; III – зона сухой перегонки; IV – зона подсушки

В зоне горения I происходят экзотермические реакции с выделением углекислого газа CO_2 и воды. Кроме того, частично протекают реакции образования CO с последующим окислением его в CO_2 . Под действием выделяемой теплоты температура в зоне горения поднимается до $1200 \dots 1500 \text{ }^\circ\text{C}$, в результате чего разогревается верхний слой топлива, относящийся к зоне II.

В зоне газификации II протекают эндотермические реакции с образованием горючих компонентов газа CO и частично метана. Вследствие этого температура во второй зоне снижается до $900 \dots 1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Если температура становится ниже $900 \text{ }^\circ\text{C}$, процесс газификации топлива нарушается.

В зоне сухой перегонки III горячие газообразные компоненты воздействуют на твердое топливо. Поскольку кислорода в зоне реакции нет, протекает процесс сухой перегонки с выделением из топлива паров воды, газов и смолистых веществ, которые подмешиваются к газу. Температура в этой зоне снижается до $300 \dots 900 \text{ }^\circ\text{C}$.

В зоне подсушки IV, где температура газов составляет $105 \dots 300 \text{ }^\circ\text{C}$, из топлива выделяются только пары воды, которые также смешиваются с генераторным газом.

Теплотворная способность генераторного газа зависит от состава газа обдува (таб.2.13).

Таблица 2.13.

Теплотворная способность генераторного газа в зависимости от состава газа обдува

Состав газа обдува	Теплотворность, МДж/м ³
Воздух	3,8 -4,5
Воздух+ водяной пар	5 -6,7
Кислород+ водяной пар	5 -8,8
Водяной пар	10 -13,4

К недостаткам газогенератора с прямым процессом относятся загрязнение получаемых горючих компонентов газа в зоне II продуктами зон III и IV (смолистыми веществами, парами воды, механическими примесями твердого топлива), а также прекращение поступления генераторного газа при загрузке газогенератора.

Эти недостатки устранены в газогенераторах с обратным и горизонтальным процессами. В них генераторный газ отводится снизу генератора после зоны II, и продукты зон III и IV, проходя зоны горения и восстановления, дополнительно газифицируются, и поэтому качество получаемого газа становится выше.

Преимущества газовых генераторов:

1. Полное прогорание загруженного в топку топлива и минимальный объем золы.
2. Сравнительно высокий КПД при совместной работе с ДВС либо газовым котлом.
3. Многообразие типов используемого твердого топлива.
4. Простота эксплуатации и отсутствие необходимости непрерывно следить за работой агрегата.
5. Возможность использования в отдельных моделях влажной непросушенной древесины.
6. Экологичность устройства – выхлопной трубы у этого устройства нет, весь сгенерированный газ прямым потоком идет в камеру сгорания двигателя или котла.

Недостатки газовых генераторов:

1. Слабая регулируемость объемов генерируемого газа – при снижении температуры в топке пиролиз прекращается и вместо горючей газовой смеси на выходе образуется смолы.

2. Громоздкость установки – даже самодельный газогенератор средней мощности в 10–15 кВт занимает достаточно большое пространство.

3. Много времени уходит на растопку – прежде чем реактор произведет первый газ пройдет 20–30 минут.

Канализационный или аэрационный газ — продукт брожения жидких стоков в канализационной сети населённого пункта.

В состав канализационных газов входят 60–68 % метана (CH_4), 30–35 % диоксида углерода (CO_2), до 2 % водорода (H_2), сероводород (H_2S) и некоторое другие компоненты. Теплотворность такой смеси составляет 5500 ккал/нм³. Если из её состава удалить диоксид углерода, то газ становится относительно однородным топливом, содержание метана возрастает до 85 %, а теплотворность достигает 6900 ккал/нм³.

Применение канализационного газа как топлива в двигателях внутреннего сгорания не получило широкого распространения ввиду того, что рентабельность может быть достигнута только при высокой развитости канализационной сети, которая могла бы окупить расходы на возведение специальных сооружений с подогреваемыми бродильными резервуарами. Имеются данные, что со станции переработки, которая питается канализацией, обслуживающей 100 тысяч человек, можно получить суточный объём канализационных газов, равный примерно 2500 м³. Это эквивалентно примерно 2000 литрам бензина.

Канализационный газ представляет собой сложную смесь из таких газов, как аммиак, сероводород, углекислый газ, которые при невысоких концентрациях могут вызвать отравление организма. Повышение концентрации этих веществ в воздухе может привести к серьезным нарушениям здоровья (отравление).

4.8. Спирты и эфиры

Низшие спирты и простые эфиры под общим названием – оксигенаты применяются в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив, которые расширяют ресурсы топлив с улучшением их качество.

Оксигенаты характеризуются октановым числом смешения, давлением насыщенных паров и теплотворной способностью.

Кроме этого гигроскопичность (притягивание влаги из воздуха) имеет важное практическое значение.

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ), метил-трет-амиловый эфир (МТАЭ), этил-трет-амиловый эфир (ЭТАЭ) являются наиболее распространенными компонентами бензинов.

Эксплуатация бензинов с оксигенатами ограничивается содержанием кислорода не более 2,7 % в составе топлива. Эфиры уксусной кислоты, которые использовались в качестве добавки к бензинам:

– $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ – метилацетат, $t_{\text{кип}} = 58$ °С; по растворяющей способности аналогичен ацетону и применяется в ряде случаев как его заменитель, однако он обладает большей токсичностью, чем ацетон.

– $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ – этилацетат, $t_{\text{кип}} = 78$ °С; подобно ацетону растворяет большинство полимеров. По сравнению с ацетоном его преимущество в более высокой температуре кипения (меньшей летучести).

– $\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$ – н-пропилацетат, $t_{\text{кип}} = 102$ °С; по растворяющей способности подобен этилацетату.

– $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$ – изопропилацетат, $t_{\text{кип}} = 88$ °С; по растворяющим свойствам занимает промежуточное положение между этил- и пропилацетатом.

– $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ – н-амилацетат (н-пентилацетат), $t_{\text{кип}} = 148$ °С; напоминает по запаху грушу, применяется как растворитель для лаков, поскольку он испаряется медленнее, чем этилацетат.

– $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ – изоамилацетат (изопентилацетат), используется как компонент грушевой и банановой эссенций.

– $\text{CH}_3\text{COOC}_8\text{H}_{17}$ – н-октилацетат имеет запах апельсинов.

4.9. Метанол (Биометанол)

Метанол среди других спиртов с позиции сырьевых ресурсов и других технико-экономических факторов является наиболее перспективным компонентом для бензина.

Метанол хорошо смешивается с бензином, но далее малейшее попадания воды вызывает расслаивания смеси, которое с помощью некоторых высокомолекулярных спиртов может несколько стабилизироваться. В таблице 2.14 приводятся технические параметры метанола. Он имеет высокую детонационную стойкость, удовлетворительную испаряемость, образует минимальные отложения и вредных выбросов продуктов сгорания. Высокая теплота испарения позволяет снизить температуру горючей смеси и тем самым повысить коэффициент наполнения и увеличить мощность двигателя. Однако высокая теплота испарения ухудшает пусковые свойства и создает трудности использования метанола в чистом виде, кроме этого при работе двигателя на метаноле выбрасывается в 3...5 раза больше формальдегида и считается коррозионно-активным веществом.

Таблица 2.14.

Технические параметры метанола

Наименование показателя	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость без нерастворимых примесей	
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,791...0,792	
Смешиваемость с водой	Смешивается с водой без следов помутнения и опалесценции	
Температурные пределы: Предел кипения, °С 99 % продукта перегоняются в пределах, °С, не более	64,0...65,5	0,8 1,0
Массовая доля воды, %, не более	0,05	0,08
Массовая доля свободных кислот в пересчете на муравьиную кислоту, %, не более	0,0015	
Массовая доля альдегидов и кетонов в пересчете на ацетон, %, не более	0,003	0,008
Массовая доля летучих соединений железа в пересчете на железо, %, не более	0,00001	0,0005
Испытание с перманганатом калия, мин, не менее	60	30
Массовая доля аммиака и аминсоединений в пересчете на аммиак, %, не более	0,00001	—

Массовая доля хлора, %, не более	0,0001	0,001
Массовая доля серы, % не более	0,0001	0,001
Массовая доля нелетучего остатка после испарения, %, не более	0,001	0,002
Массовая доля этилового спирта, %, не более	0,01	—
Цветность по платино-кобальтовой шкале, единицы Хазена, не более	5	—

Из-за низкой теплоты сгорания при 10 %-метанольном содержании в топливе экономичность ухудшается на 2...7 %. Имеются данные о широком опыте эксплуатации автотранспорта на бензино-метанольной смеси с 5% содержанием метанола. Также по данным исследований, полученным на одноцилиндровой установке установлено, что при $\epsilon = 8,6$ и $n = 2000 \text{ мин.}^{-1}$ для смеси М20 (20% об. метанола в составе бензино-метанольной смеси) в области $\alpha=1,0-1,3$ эффективный КПД повышается примерно на 3%, мощность — на 3—4%, а расход топлива увеличивается на 8—10%.

В связи с актуальностью экологической проблемы крупных городов, во многих странах ведется работа по снижению токсичности автомобильных выхлопов, включая использования композитных моторных топлив с добавкой метанола и других составляющих (таб.2.15)

Таблица 2.15.

Вредные компоненты отработавших газов при сгорании различных моторных топлив

Виды моторных топлив	Выброс вредных веществ, г/км		
	CO	CH	NO _x
Бензин	42	8,5	9,1
Сжатый природный газ	8,5	4,5	8,5
Сжиженный нефтяной газ	19	4,8	8,7
Метанол	28	4,6	4,4
Метанол в смеси с бензином	32	5,4	7,6
Метанол в смеси с синтез-газом (H ₂ +CO)	5	2,5	3,5
Синтез-газ (H ₂ +CO)	0	0,4	2,3
Бензин в смеси с водородом	3	2,8	4,55
Водород	0	0	2,5

Применение композиционных топлив на основе спиртов (метанол, этанол, бутанол и др.) и различных эфиров, вырабатываемых различными способами, позволяющее расширить ресурсы моторных топлив и улучшить эксплуатационные и экологические показатели, а также значительно снизить затраты на производство топлив. Обычно вновь разработанные композиционные топлива (бензино-спиртовые и эфирные смеси) подвергаются испытаниям на соответствие физико-химическим показателям по соответствующим нормативным документам (ГОСТ, ТУ). Затем композиционные топлива, отвечающие установленным требованиям показателей качеств, особенно с точки зрения стабильности полученной смеси, коррозионной активности, образования остатков и окислительных образований на рабочих поверхностях бензиновых инжекторов и др. подвергаются последующим исследованиям.

Следует отметить, что изменение октановых чисел бензинов при добавке спиртов зависит от октанового числа базового бензина. В целом при базовом октановом числе по моторному способу более 70 единиц, добавка 1 % спирта дает около 0,25 единиц ОЧМ. Данная закономерность наблюдается при добавке спиртов до 10 %, а далее указанная закономерность не наблюдается.

Часть исследований, которые не были предусмотрены в нормативных документах, но были связаны с предположительными отказами и неисправностями инжекторной системы питания двигателя, работающего на композиционном топливах. Для чего были разобраны (путем среза) звенья «клапан – седло» бензиновых инжекторов (рис. 2.16), которые вместе с резиновыми уплотнительными кольцами и другими алюминиевыми материалами опущены в стеклянные посуды с различным содержанием используемых спиртов в качестве добавки к бензину. При этом установлено, что топливные смеси с содержанием метанола до 7 % не оказывают никакого влияния на указанные выше детали и материалы.

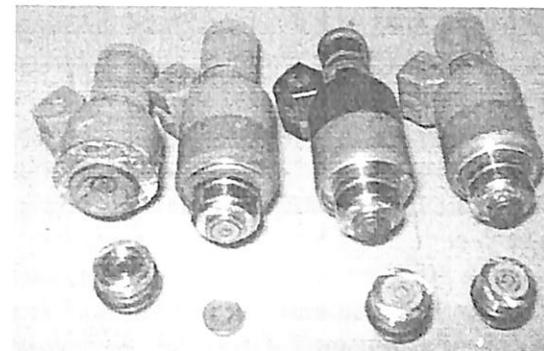


Рис. 2.16. Образцы срезанных деталей систем питания, подготовленные для безмоторных испытаний

Таким образом, к моторным стендовым исследованиям допускались только те композиционные топлива, проявляющие требуемую антидетонационную стойкость, составляющие стабильные смеси с бензином, не образующие окислительные налеты (отложения) на рабочих поверхностях инжекторов.

Следующим этапом оценки показателей двигателя, работающего на топливных смесях, является определение эффективности их использования в дорожных (пробеговых) условиях. Для этого была разработана «Программа и методика испытаний автомобилей, работающих на композиционных топливах».

Методика проведения данных исследований включает пять этапов, каждый из которых реализуется через 4,9...5,0 тысяч км. Общая продолжительность – 20,0 тысяч км.

В начале испытания определяются все показатели автомобиля, установленные заводом-изготовителем. К данным показателям относятся контрольный расход топлива, максимальная скорость, время разгона автомобиля до скорости 100 км/ч, содержания *CO* и *CH*, производительность и герметичность бензиновых инжекторов с установлением состояния рабочих поверхностей инжекторов, которые фиксируются в соответствующих протоколах испытаний.

В соответствии с указанными выше проведенными исследованиями к моторным испытаниям допущены композиционные топлива на базе бензинов АИ-80 и АИ 91 с содержанием метанола 3...5 % и бутанола 10...30 %.

При этом верхний предел концентрации содержания бутанола устанавливался по значению температуры испарения 50 % композиционного топлива.

На рис. 2.17 приводится внешняя скоростная характеристика двигателя A15VF автомобиля NEXIA ДОНС, работающего на композиционном топливе на базе бензина АИ-91 с содержанием метанола 3 и 5 %.

Как показывают полученные результаты мощность двигателя на бензине АИ-91 с содержанием 3 и 5 % метанола практически остается такой, как на бензине АИ-91 без метанола. При этом наблюдается снижение удельного расхода топлива около 2,5 %.

Измерение содержания оксида углерода (СО) и углеводородов (СН) в составе отработавших газов показало их снижение более чем 40...45 % по сравнению с базовым бензином.

Таким образом, следует отметить, что оценка показателей двигателя внутреннего сгорания, работающего на композиционных топливах на основе спиртов должна проводиться по итогам комплекса исследований, состоящих из лабораторных, стендовых (моторных), полигонных и эксплуатационных этапов.

Главными достоинствами спиртов, как добавка к бензинам, являются улучшение испаряемости (пусковых свойств), уменьшение образования нагаров, уменьшение выбросов оксида углерода (СО) и углеводородов (СН) в составе отработавших газов (ОГ), а также как антидетонационная добавка.

Известно, что после запрещения тетраэтилсвинца (ТЭС), как антидетонатора, интерес к спиртам возрос. Поскольку повышение октанового числа бензинов до требуемого уровня за счет расширения производства высокооктановых углеводородных компонентов топлива (каталитический крекинг, алкирование, изомеризация, каталитический реформинг), модернизации технологии переработки нефти приводит к удорожанию получаемых бензинов.

Использование же различных других антидетонационных добавок особенно на металлической основе, по многим позициям не устраивает с точки зрения работоспособности нейтрализатора-катализатора.

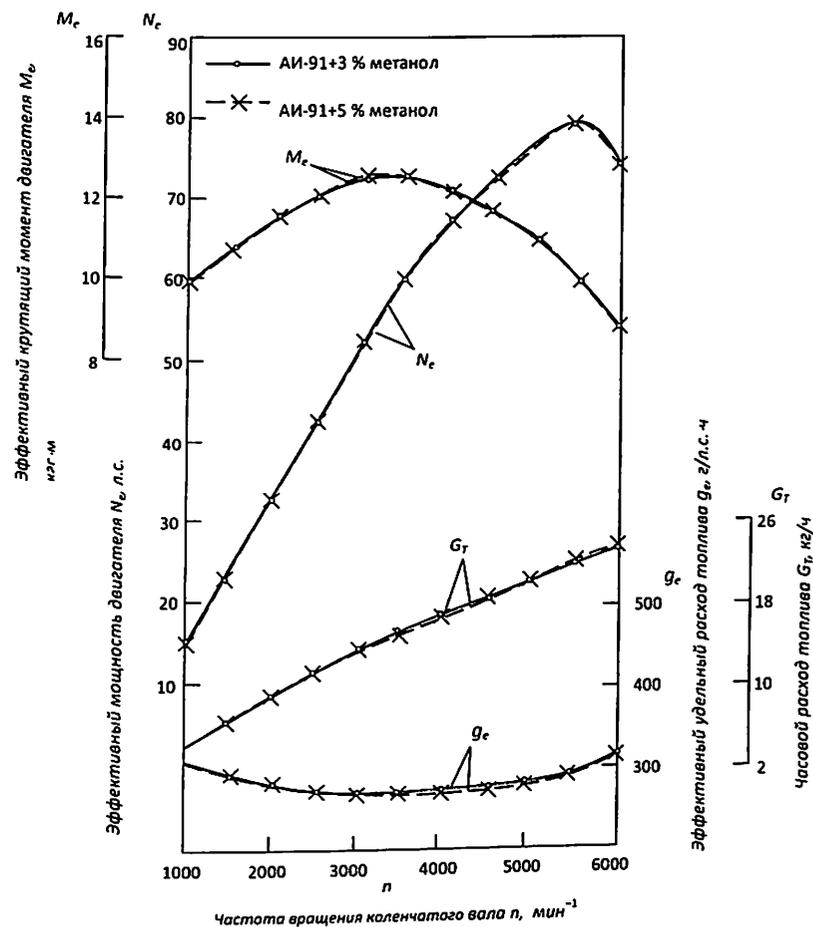


Рис. 2.17. Внешняя скоростная характеристика двигателя A15VF, работающего на бензинах АИ-80 и АИ-91 с 3 % и 5 % содержанием метанола

В этом связи многие специалисты отмечают, что спирты и эфиры позволяют одновременно расширять ресурсы выпускаемых бензинов и улучшить их эксплуатационные и экологические показатели.

Поскольку спирты могут иметь биологическое происхождение, и, учитывая, что в Узбекистане данные ресурсы ограничены, то все производимые спирты получают путем

соответствующей переработки природного газа, который имеет достаточный ресурс.

В разработке композиционных топливных смесей особое место занимают такие показатели, как октановое число и фракционный состав (табл. 2.16), которые определяют важнейшие эксплуатационные свойства моторных топлив. От фракционного состава топлива зависят пуск двигателя; время, затрачиваемое на прогрев; образование паровых пробок; приемистость двигателя; расход топлива; мощность двигателя; образование отложений на деталях двигателя; выбросы вредных веществ и др.

В настоящее время Европейской директивой качества топлива (European Fuel Directive) допускается использовать 3 % метанола в качестве добавки к бензинам. Проведенными же лабораторными испытаниями в ТАДИ рекомендовано не более 5 % метанола в качестве добавки к бензинам АИ-80 или А-91, выпускаемым Ферганским нефтеперерабатывающим заводом.

Таблица 2.16.

Показатели бензина и композиционных топлив

№	Наименование показателей	Бензин АИ-91	Бензин АИ-91+5% метанол	Бензин АИ-91+5% метанола и бутанола, %		
		Норма		10	20	30
1	Детонационная стойкость, октановое число по моторному способу, не менее	82	83,2	84,5	85,3	85,7
2	Массовая концентрация свинца, г на 1 дм ³ бензина, не более	0,013	0,0016	0,0018	0,0019	0,002
3	Фракционный состав: – температура начала перегонки бензина, °С, не выше летнего зимнего – 10 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше летнего	35 не норм.	47	48	49	49
		75				

	зимнего – 50 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше летнего	55	54	53	51	49
	зимнего – 90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше летнего	120 105	104	102	100	98
	зимнего – конец кипения бензина, °С, не выше летнего	190 160	141	148	150	155
	зимнего – остаток в колбе, % не более	215 195	177	175	178	181
	зимнего – остаток и потери, % не более	1,5	1,2	1,3	1,4	1,4
		4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	Давление насыщенных паров, кПа (мм рт.ст.), не более					
	летнего	66,7 (500)	49,1	52	53	54
	зимнего	93,3 (700)				
5	Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ бензина, не более	5,0	2,0	2,5	3,0	3,0
6	Индукционный период, мин, не менее	600	1138	1050	1040	1050
7	Массовая доля серы, % не более	0,10	0,018	0,016	0,014	0,012

Данные рекомендации учитывают:
– фазовую стабильность полученной композиционной смеси;
– коррозионное воздействие на различные материалы;

–базовые данные в конструктивных и регулировочных параметрах систем питания, а также других систем и механизмов двигателя.

Также следует обратить внимание на то, что при уменьшении содержания серы, что происходит при использовании спиртов, снижаются износ деталей и нагарообразование. При уменьшении индукционного периода также увеличивается количество отложений во впускном трубопроводе.

Кроме этого подготовленные композиционные топлива (рис. 2.18 и 2.19) с различным содержанием бутанола (5, 10, 20, 30 %) проверялись на коррозионное воздействие на детали системы питания.



Рис. 2.18. Подготовленные композиционные топлива

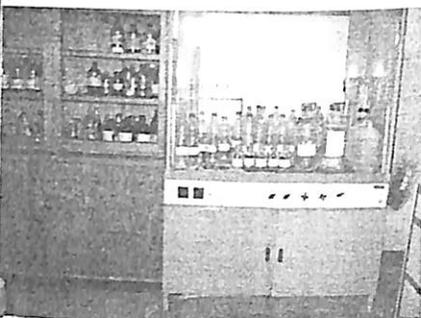


Рис. 2.19. Композиционные топлива и детали системы питания двигателя

На рис. 2.20 представлен фракционный состав (температура перегонки) бензина и композиционного топлива.

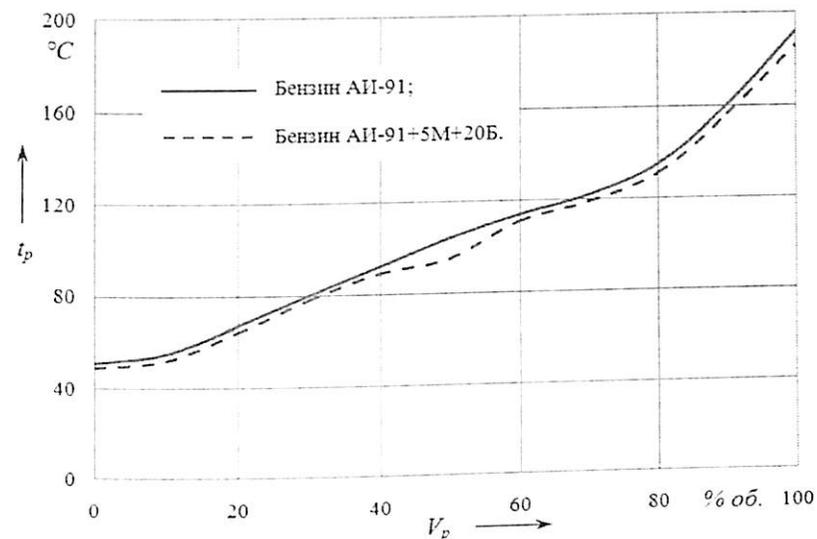


Рис. 2.20. Фракционный состав (температуры перегонки) бензина и композиционного топлива

Анализ фракционного состава (температура перегонки) показывает, что температура перегонки 50% композиционного топлива несколько ниже, чем у базового бензина. Это обеспечивает лучшую испаряемость топлива, приемистость и устойчивость работы двигателя.

Стендовые испытания проводились на базе двигателя автомобиля NEXIA A15FV ДОНС (класс М1, $V_h=1,5$ л), работающего на бензине АИ-80 с 5 % содержанием метанола и 20 % бутанола (рис. 2.21).

По результатам стендовых испытаний мощность двигателя, работающего на бензине АИ-91 с 5 % метанола и 20 % бутанола остается такой же, как на бензине АИ-91.

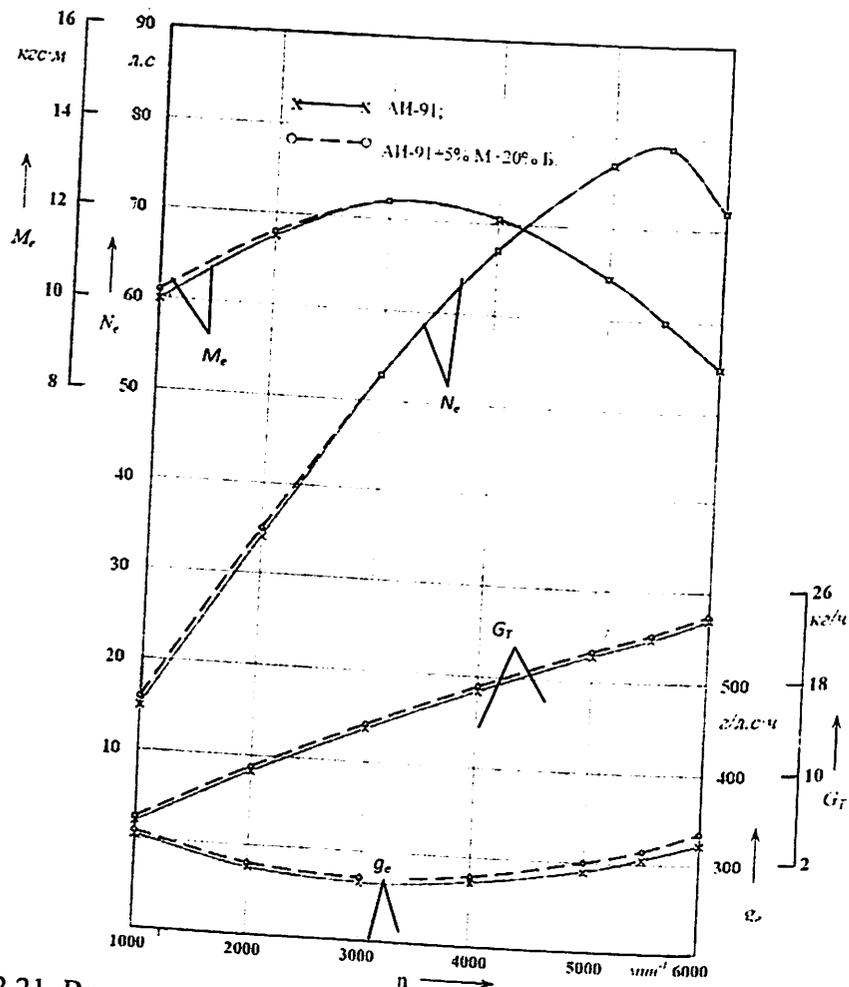


Рис. 2.21. Внешняя скоростная характеристика двигателя A15VF, работающего на бензине AI-91 и композиционном топливе

Анализ полученных результатов исследований показывает:

1. Спирты, как добавки к бензинам, обеспечивают улучшение эксплуатационных показателей получаемых композиционных топлив.

2. По результатам фракционного состава композиционных топлив для дальнейших исследований рекомендуется как добавка к бензину 5 % метанола и 20 % бутанола.

3. В полученных композиционных топливах наблюдается повышение октановых числа на 1,0...2,5 ед. на каждые 10 % добавки бутанола по сравнению с базовым бензином.

4. Мощность двигателя, работающего на композиционном топливе, состоящего из бензина AI-91, 5 % метанола и 20 % бутанола, остается такой же, как на бензине.

4.10. Этанол (Биоэтанол)

Широкое распространение в ряде стран получило производство и использование биотоплив, производимых из возобновляемых видов сырья. Преимуществами биотоплив являются: использование возобновляемых видов сырья; возможность получить экологически более чистое топливо (снижение вредных выбросов почти в 2 раза по сравнению с традиционными нефтяными топливами); уменьшение зависимости от импорта дорожающей нефти. Биотоплива отличаются хорошими эксплуатационными характеристиками; их использование в смеси с традиционными топливами практически не требует изменений в инфраструктуре топливопотребления. Возникновение проблемы производства и использования биотоплива обусловлено следующими движущими силами:

- возможность дальнейшего развития сельскохозяйственного производства;
- обретение странами, зависящими от поставок нефти и газа, энергетической безопасности.

Особенностью проблемы производства и потребления биотоплив является то, что она обусловлена не потребителями и не экономикой, а социальными и политическими мотивами, среди которых так называемый «ресурсный национализм» стран – обладателей значительных ресурсов нефти и газа, с одной стороны, и стремление к энергетической независимости стран, являющихся импортерами углеводородов. В отличие от ряда других проблем мирового развития, проблема биопродуктов имеет широкую политическую поддержку, а не «рыночное проталкивание». Движущие силы и проблемы биотоплив меняются в зависимости от страны, что является важным аспектом для понимания их воздействия на нефтяные топлива. Осу-

существляющаяся конвергенция сельскохозяйственной, углеводородной, биотехнологической и химической отраслей будет определять глобальное, но что более важно, специфическое для отдельных стран воздействие на рынки энергетических и химических продуктов.

Основными видами биотоплив являются биоэтанол (получается в основном из кукурузы в США, сахарного тростника в Бразилии, сахарной свеклы в странах ЕС) и биодизель (получается на основе масличных культур, таких как соя, рапс, клещевина, а также из пальмового масла и из отходов при производстве пищевых жиров).

Лидерами в производстве биоэтанола являются США (производство в 2020 г. 35,5 млн. т), Бразилия (22,3 млн. т), страны ЕС (13,6 млн. т), Китай (12 млн. т), Индия (1,4 млн. т), Франция (1,1 млн. т), Германия (1,1 млн. т), Россия (1,5 млн. т). Лидером в производстве биодизеля является Германия (1,7 млн. т в 2006 г.). Биодизель производят Франция (0,5 млн. т), Италия (0,4 млн. т), Чехия (0,14 млн. т), Польша (0,1 млн. т), США (0,9 млн. т) и ряд других стран. В стадии строительства находятся заводы по производству биодизеля в Великобритании, Нидерландах и Норвегии. Суммарное производство биоэтанола в мире в 2020 г. составило примерно 60 млн. т, биодизеля – более 9 млн. т.

В США в 2020 г. к традиционным моторным топливам из нефти добавлялось 8 % биотоплив. Согласно одному из вариантов прогноза спроса на моторные топлива (автобензин и дизтопливо) в 2030 г. в США спрос составит 635 млн т, значит, доля биотоплив должна достигнуть более 15 %.

В Китае, Индии, Малайзии и ряде других стран приняты национальные программы производства и использования биотоплив. Бразилия претендует на роль мирового лидера в производстве биоэтанола, для чего готова увеличить в несколько раз площади по выращиванию сахарного тростника.

Правительства практически всех упомянутых стран разрабатывают организационно-экономические механизмы по стимулированию производства и использования биотоплив.

К основным недостаткам биотоплив (кроме технических – более низкое теплосодержание по сравнению с бензином, более высокое давление насыщенных паров) следует отнести высокую

стоимость сырья и ограниченность некоторых его видов. Учитывая то обстоятельство, что доля затрат на сырье в производстве биотоплив составляет 70...80 % суммарных издержек, при современных ценах на зерно, сахарный тростник, сахарную свеклу, рапс, сою, пальмовое масло производство практически всех видов биотоплив имеет цены производства эквивалента 1 л нефтяного топлива, более высокие, чем цены на традиционные автобензин и дизельное топливо из нефтяного сырья.

4.11. Бутанол (Биобутанол)

Промышленное производство бутанола началось в 1916 году. Тогда использовался метод ферментации АБЭ (ацетон, бутанол, этанол) с применением бактерии *Clostridia acetobutylicum*. Этот микроорганизм, который производит ацетон, впервые выделил микробиолог, который производит ацетон, впервые выделил Нaim Weizmann (патент США №1 315 585). Во время первой мировой войны Великобритания обратилась к молодому микробиологу с просьбой передать ей право на производство таким методом ацетона для последующего получения кордита (бездымного пороха). Процесс использовался вплоть до 1920-х годов для получения исключительно ацетона. Однако на каждый литр ацетона во время ферментации получалось дополнительно два литра бутанола. Кто-то однажды взял нитроклетчатку, смешал ее с бутанолом и получил быстросохнущий лак. Через три года автомобильостроение кардинально изменило весь рынок, и к 1927 году основным продуктом АБЭ процесса стал бутанол, тогда как ацетон стал побочным продуктом. Во время второй мировой войны бутанол использовался в производстве синтетического каучука.

Таким образом, в первой половине XX века биобутанол производился из кукурузы или патоки путем ферментации с помощью бактерий *Clostridium acetobutylicum*. В результате получался ацетон, бутанол и этанол (отсюда процесс носит название АБЭ). Побочными продуктами ферментации АБЭ являются водород, изопропанол, уксусная, молочная, пропионовая и масляная кислоты, а также диоксид углерода и липиды. Необходимость разделения основных продуктов ферментации и

удаления побочных – влияет, в частности, на увеличение себестоимости каждого литра бутанола.

С 1954 года цена нефти стала ниже цены сахара – в связи с тем, что США лишились дешевых поставок сахара с Кубы. В результате на фоне постоянного роста спроса на бутанол ферментационное производство начало сокращаться. В настоящее время бутанол производят из нефти наиболее эффективными методами – гидролизом галогеналканов или гидролизом и гидратацией алкенов.

Компания MOgene Green Chemicals LLC (MGC) из США развивает технологию преобразования метана в бутанол фотосинтезом с помощью микроорганизмов, которые используют метан и солнечный свет. В настоящее время многие компании пытаются осуществить сбраживание метана в метанол с последующим получением бутанола. Бутанол по энергосодержанию среди легких спиртов (метанол, этанол) ближе всех к бензину и по октановому числу близко к бензину, также используется в качестве добавки к дизельному топливу. В целом в настоящее время проекты по программе биологического преобразования газообразных углеводородов в жидкое моторное топливо развиваются динамично.

Сегодня бутанол используется, прежде всего, в качестве промышленного растворителя. Мировой рынок этого продукта оценивается в 350 млн. галлонов в год, из которых 220 млн. галлонов в год приходится на долю США.

Бутанол может заменять бензин в качестве топлива даже в большей степени, чем этанол, благодаря своим физическим свойствам, экономичности, безопасности, а также из-за того, что его использование не требует переделок двигателя автомобиля.

Основной причиной, по которой до недавнего времени никто не знал о бутаноле, как об альтернативном топливе, является то, что производство этого продукта никогда не считалось экономически целесообразным. Как было сказано выше, этот продукт используется в основном как промышленный растворитель, цена которого превышает примерно в три раза цену газа. Традиционный процесс ферментации дает с бушеля (~35 л) зерна (35 фунтов сахара) только 1,3 галлона (1 галлон ~3,78 л) бутанола, 0,7 галлона ацетона, 0,33 галлона этанола и 0,62 фунта

водорода. Такое производство бутанола не может конкурировать с технологией производства этанола, которая дает 2,85 галлона продукта на бушель. Прогресс в области биотехнологий позволил превратить кукурузу и другую биомассу в достаточно экономичный источник биобутанола, однако старт промышленного производства увязывается с решением ряда проблем.

По сравнению с этанолом, бутанол может быть смешан в более высоких пропорциях с бензином и использоваться в существующих автомобилях без модификации системы формирования воздушно-топливной смеси.

Бутанол выделяет чистой энергии на рабочий цикл больше, чем этанол или метанол, и примерно на 10 % больше, чем бензин.

В связи с получением новых высокоэкономичных технологий производства биобутанола, в настоящее время получаемый из зерна бутанол привлекает все большее внимание специалистов для применения его в качестве топлива. И не исключено, что в ближайшие 10...15 лет этанол утратит пальму первенства (таб.2.16).

Преимущества бутанола перед этанолом:

1. Бутанол содержит на 25 % больше энергии, чем этанол: 110 тыс. BTU на галлон бутанола против 84 тыс. BTU на галлон этанола. Бензин же содержит около 115 тыс. BTU на галлон;

2. Бутанол безопаснее в использовании, поскольку в шесть раз меньше испаряется, чем этанол и в 13,5 раз менее летуч, чем бензин. Упругость паров бутанола по Рейду составляет 0,33 фунта/кв. дюйм, у бензина это 4,5 фунта/кв. дюйм, у этанола – 2,0 фунта/кв. дюйм. Это делает бутанол более безопасным при использовании в качестве оксигената и не требует особых изменений пропорций смеси при использовании зимой и летом. Сейчас он используется в качестве оксигената в штатах Аризона, Калифорния и др.;

3. Бутанол – гораздо менее агрессивное вещество, чем этанол, поэтому может транспортироваться по существующим топливным трубопроводам, тогда как этанол должен транспортироваться железнодорожным или водным транспортом;

4. Бутанол можно смешивать с бензином;

5. Бутанол может полностью заменять бензин, тогда как этанол может использоваться только как добавка к бензину с

максимальным содержанием в смеси не более 85 % и только после существенных переделок двигателя. В настоящее время в мире преобладают смеси с 10 %-ным содержанием этанола;

6. Производство бутанола помогает решить проблемы, связанные с инфраструктурой снабжения водородом;

7. Бутанол имеет более высокий выход энергии (10 Вт·ч/г), чем этанол (8 Вт·ч/г);

8. При горении бутанол не производит окислов серы или азота, что дает существенную дополнительную выгоду с точки зрения экологии.

Таким образом, биобутанол более экономичен, чем смесь этанола с бензином, он улучшает топливную эффективность автомобиля и увеличивает пробег на единицу расходуемого топлива. Биобутанол получается из того же самого сырья – кукурузы, сахарной свеклы, сорго, маниоки, сахарного тростника, кукурузных стеблей и другой биомассы, что и этанол, но может заменять бензин практически в равном объеме.

Таблица 2.17.

Общие сравнительные свойства топлив

Топливо	Плотность энергии, МДж/л	Воздушно-топливное число	Специфическая энергия, МДж/кг	Теплота испарения, МДж/кг	Октановое число (ОЧМ)	
					91...99	81...89
Бензин	32	14,6	2,9	0,36	96	78
Бутанол	29,2	11,2	3,2	0,43	130	96
Этанол	19,6	9,0	3,0	0,92	136	104

4.12. Диметиловый эфир

Эфиры – органические соединения, в которых кислород служит связующим звеном между двумя органическими радикалами. Большинство применяемых в промышленности эфиров – жидкости, хотя диметиловый эфир представляет собой газ, а многие другие эфиры – твердые вещества.

Бывают простые эфиры у которых два углеводородных радикала соединены атомом кислорода (R_1-O-R_2) и сложные эфиры карбоновых кислот общей формулы $R_1-COO-R_2$, где R_1 и R_2 – углеводородные радикалы.

Эфиры с низкой молекулярной массой (метиловый, диэтиловый, изопропиловый, виниловый и винилизопропиловый) огнеопасны и имеют температуру воспламенения ниже комнатных температур. Следовательно, должны приниматься меры для предотвращения утечки паров в местах, где возможны источники возгорания. Все источники возгорания должны быть удалены из мест со значительными рабочими концентрациями паров эфира, как, например, в сушильных шкафах, или где может произойти случайный выброс эфиров в виде паров или жидкости.

При длительном хранении в присутствии воздуха или на солнечном свете, эфиры имеют тенденцию к образованию перекисей, что влечет за собой опасность взрыва. В лабораториях защиту от ультрафиолетового излучения обеспечивают колбы из бутылочного стекла. Не всегда эффективны ингибиторы, например, медная сетка или восстановители. Если нет необходимости в получении сухого эфира, то можно добавить воду до 10 % от объема эфира. Перемешивание с 5 % водным раствором сернокислого железа удаляет перекиси. К основным токсикологическим характеристикам незамещенных эфиров относится их наркотическое действие, что при значительных концентрациях эфира приводит к потере сознания. Являясь хорошими растворителями жира, эти соединения при длительном или повторяющемся контакте с кожей могут вызвать дерматит. Чтобы избежать чрезмерного воздействия эфиров, необходимо применять закрытые процессы и вентиляцию. Защитные кремы и непроницаемые перчатки помогают предотвратить раздражение кожи. В случае потери сознания пострадавшего следует вынести из загрязненной зоны, сделать ему искусственное дыхание и дать кислород.

Низшие спирты и простые эфиры под общим названием – оксигенаты применяются в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив, которые расширяют ресурсы топлив с улучшением их качества.

Оксигенаты характеризуются октановым числом смешения, давлением насыщенных паров и теплотворной способностью. Кроме этого гигроскопичность (притягивание влаги из воздуха) имеет важное практическое значение.

В конце XX века в рядах альтернативных моторных топлив появилось новое топливо – диметиловый эфир (CH_3OCH_3), который долго время был побочным продуктом в синтезе метанола (CH_3OH).

В последние годы многие разработчики, производители и исследователи (компании Мицубиси, Тое Инжиниринг, Хитачи, НКК (Япония), Холди Топсе (Дания), Бритиш Петролеум (Великобритания), Лурчи (Германия), Институт Нефтехимического синтеза РАН, ФГУП НАМИ, ФГУП НИИД и др.) работают над совершенствованием технологии получения, транспортировки, хранения и использования диметилового эфира (ДМЭ).

В Узбекистане в 2008-2011 гг. АО «Навоiazот» (ГАЗ «Узкимёсаноат») в сотрудничестве с другими организациями, включая Ташкентский автомобильно-дорожный институт, проводились изучение комплекса вопросов использования ДМЭ в качестве моторного топлива (таб.2.18).

Схема получения диметилового эфира (ДМЭ) из сырья нефтяного происхождения представлена в выше приведенных материалах.

Диметиловый эфир обладает следующими преимуществами:

– хорошая воспламеняемость из-за повышенного cetанового числа 55...60 по сравнению с 45...50 для дизельного топлива;

– улучшение экономичности;

– содержание вредных веществ в составе отработавших газов уменьшается более чем в 6 раз по CO , в 4 раза по CH и саже, на 20 % по NOx ;

– улучшается запуск двигателя при отрицательных температурах;

– более безвреден, чем дизельное топливо и бензин.

Система питания на ДМЭ должна обеспечивать:

– подачу ДМЭ к топливному насосу в жидкой дозе под давлением, превышающим давление насыщенных паров;

– подачу ДМЭ к форсункам под давлением около 300 бар, с остаточным давлением в линии высокого давления, превышающим давления насыщенных паров в форсунке;

– давление в линии низкого давления поддерживается в диапазоне до 15 бар, обеспечиваемые адаптированными топливоподкачивающими насосами и фильтрами;

– исключение паровых пробок на линии высокого давления, обеспечиваемое двойным нагнетательным клапаном ТНВД и увеличением проходных сечений распылителей;

– отвод паров ДМЭ из картера ТНВД и линии слива форсунок во впускную трубу дизеля;

– уменьшение износа элементов подвижных соединений применением смазочных присадок (лубрикаторов «Лубризол» или других смазок).

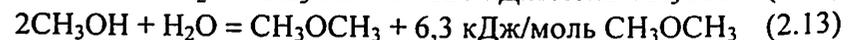
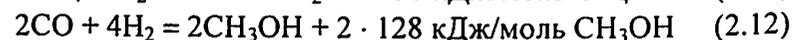
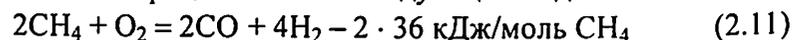
Таблица 2.18.

Сравнительные показатели ДМЭ с другими топливами

№	Показатели	Ед. изм.	ДМЭ	Пропан	Бутан	Метан	Метано л	Дизельно с топливо							
1	Химическая формула	–	CH_3OCH_3	C_3H_8	C_4H_{10}	CH_4	CH_3OH	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$							
2	Теплотворная способность	ккал/кг	6880	11100	10930	12000	4800	10000							
		ккал/л ккал/м ³	4596 14200	5439 21800	6230 28300	5180 8600	3770 –	8530 –							
3	Температура кипения	°С	-25	-42	-0,5	-163	65	180-380							
4	Плотность	г/см ³	0,67	0,49	0,57	–	0,80	0,84							
5	Стехиометрический состав	% объем	3,4...18,0	2,1...9,5	1,9...8,5	5...15	5,5...36	0,6...6,5							
6	Выбросы вредных веществ по 13-цикловым испытаниям Японии	г/кВт·ч													
									NOx	2,479	–	–	–	–	3,148
									CH	0,222	–	–	–	–	0,432
									CO	0,117	–	–	–	–	0,203
									Сажа	0,0102	–	–	–	–	0,0197

Диметиловый эфир в промышленном масштабе получают путем конверсии природного газа с дозировано-ограниченным доступом кислорода воздуха в синтез-газ, состоящий из окиси углерода и водорода с последующим образованием метанола (CH_3OH) в среде водяного пара на медь – цинк – алюминиевых катализаторах при температуре 200...300 оС (473...573 К) и давлении 5...8 МПа. Далее производится дегидратация (конденсация) метанола в диметиловый эфир

Упрощенные экзо-эндотермические реакции непрерывного технологического процесса имеют следующий вид:

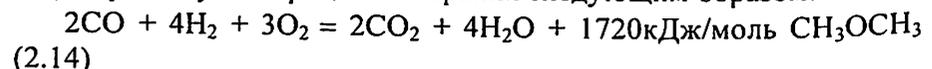


Удельный расход энергии на образовании 1 моль ДМЭ составляет 190,3 кДж/моль (4,0 МДж/кг или 1,1 кВт·ч/кг) без учета энергии, затраченной на создание давления и температуры в процессе, которая составляет ориентировочно 1,1 кВт·ч/кг и в итоге суммарный удельный расход энергии составляет 2,2 кВт·ч/кг ДМЭ. Себестоимость получения ДМЭ в среднем составляет 0,05 у.е./кг и он сжижается при температуре – 24,5 °С.

ДМЭ может быть использован следующим образом:

1) В качестве заменителя дизельного топлива. При этом следует учитывать его меньшую удельную теплотворную способность и меньшую вязкость. Высокое значение цетанового числа, связанное с упорядоченностью молекулярной структуры, что обеспечивает легкий впуск, уменьшение дымности и бесшумной работы дизеля.

2) Получение синтез-газа в качестве моторного топлива из ДМЭ, используя тепловую энергию выхлопных газов. Синтез-газ в ДВС участвует в процессе сгорания следующим образом:



В результате осуществления парового риформинга ДМЭ в присутствии катализатора и утилизации сбросовой теплоты от выхлопных газов ДВС теплотворная способность ДМЭ с 32,4 МДж/кг повысилась до 37,8 МДж/кг.

3) В качестве добавки к сжиженному нефтяному газу.

4) Получение водорода из ДМЭ в электрохимических генераторах или в топливных элементах и выработки электрической энергии. Известно, что в водородно-кислородных (воздушных) топливных элементах реакция электрического окисления водорода происходит следующим образом:



Электричество минуя преобразование в тепло образуется из 4-х протонов 4H, 3-х молекул H₂: Однако электрохимические

процессы и явления электропереноса в топливных элементах чрезвычайно сложны и средняя стоимость их составляет примерно 250 у.е. 1 кВт мощности.

Диметиловый эфир – газ переходящий в жидкость под давлением, бесцветная жидкость со специфическим запахом (хлороформа), относится к пожаро- и взрывоопасным веществам. Он производится согласно требованиям ТУ 2434-059-05761643-2001, относится к 4 классу опасности, ПДК в воздухе рабочей зоны 200 мг/м³, ОБУВ атмосферного воздуха – 0,2 мг/м³, на человека оказывает воздействие, вызывая нарушения зрения, координации и раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Для замены моторных топлив используется марка – ДМЭт.

Для эксплуатации ДМЭ в качестве заменителя дизельного топлива важное значение имеют следующие показатели:

Показатели критического состояния. Критическое состояние характеризуется критическим давлением ($P_{кр}$), критической температурой ($T_{кр}$), критическим объемом ($V_{кр}$), критической плотностью ($\rho_{кр}$). Давление, необходимое для сжижения газа при $T_{кр}$, называется $P_{кр}$. В этом случае состояние, когда газ находится под критическим давлением и при критической температуре, называется критической точкой, а объем и плотность вещества в этой точке называются критическими. В этом состоянии вещество переходит из жидкого состояния в газообразное без изменения объема (табл. 2.18).

Температура самовоспламенения ($T_{см}$). При которой происходит быстрое нарастание скорости химической реакции, приводящее к воспламенению горючей смеси без соприкосновения с пламенем или раскаленным телом и в этом случае минимальная температура, при которой происходит самовоспламенение, называется температурой самовоспламенения.

Температура вспышки ($T_{вс}$). Это минимальная температура, при которой ее пары образуют в закрытом сосуде смесь с воздухом, способную воспламениться от внесенного постороннего источника зажигания. $T_{вс}$, определяемая в закрытом приборе, характеризует степень пожарной опасности вещества.

Анилиновая точка – критическая температура растворения углеводородов в анилине ($C_6H_5NH_2$), выше которой указанные компоненты образуют гомогенный раствор.

Теплота сгорания топлива. Данный показатель определяется по формуле:

$$Q_H = 8100C + 30000H - 2600(O-S) - 600(9H-W), \text{ ккал/кг} \quad (2.16)$$

где С, Н, О, S, W – содержание углерода, водорода, кислорода, серы и воды в содержании топлива в долях.

Для ДМЭ:

$$Q_H = 8100 \cdot 0,592 + 30000 \cdot 0,13 - 2600 \cdot 0,348 - 600 \cdot 9 \cdot 0,13 = 6521,2$$

ккал/кг \approx 28 МДж/кг

Теплота сгорания горючей смеси определяется ДМЭ

$$H_{\sim}^{ДМЭ} = \frac{Q_H}{1 + \alpha \cdot L_0} = \frac{28}{1 + 1,3 \cdot 9} = \frac{28}{12,7} = 2,2 \text{ МДж/кг} \quad (2.17)$$

$$H_{\sim}^{П} = \frac{Q_H}{\alpha \cdot L_0} = \frac{42}{1,3 \cdot 14,35} = \frac{42}{18,66} = 2,25 \text{ МДж/кг} \quad (2.18)$$

Таблица 2.19.

Основные свойства сравниваемых топлив

№	Наименование	Ед. измерения	ДМЭ	Пропан	ДТ
1	Химическая формула	–	C_2H_6O	C_3H_8	$C_{15}H_{32}$
2	Молекулярная масса	г/моль	46,07	44,10	200
3	Элементарный состав	%			
	С		52,2	81,70	0,870
	Н		13	18,30	0,126
	О		34,8	–	0,004
4	Температурные пределы распространения пламени	$^{\circ}C$			
	нижний		-81		
	верхний		-60		
5	Концентрационные пределы распространения пламени	%			
	нижний		3,67	2,4	1,2
	верхний		26,7	9,5	7,0
6	Массовая доля (для ДМЭ)				
	– ДМЭ	%	96,0		
	– нелетучего остатка	% не более	3,0		
	– метанола	% не более	3,0		
	– негорючих компонентов	% не более	3,0		
	– концентрация лубризола (R) 539V	мг/м ³ , не более	300		
7	Давления насыщенных паров	МПа, не более	0,53	0,8	0,002

	(ДМЭт) при температуре 20 $^{\circ}C$				
8	Теплота сгорания	кДж/моль МДж/л МДж/кг	1322 18,2 28...30	46	42
9	Теплота испарения при температуре кипения	кДж/кг	46...83		
10	Плотность при 0 $^{\circ}C$ газовой фазы жидкой фазы	кг/м ³	2,104 690,5	2,019 509	
11	Вязкость при 20 $^{\circ}C$	сСт	0,25		3,0...6, 0
12	Температура: плавления вспышки кипения критическая самовоспламенению перехода газа в жидкую фазу	$^{\circ}C$	-138,5 -41,1 -24,9 127,0 350 -25	– – -42,1 – 510-580 -50	– 90 180 – 240 –
13	Критическое давление	МПа	5,3	–	–
14	Критическая плотность	кг/м ³	0,272	–	–
15	Относительная плотность по воздуху	–	1,6	1,56	2,5

Цетановое число

Данный показатель определяется экспериментально (ГОСТ 3122) или вычисляется по формулам

$$ЦЧ = (\gamma_{20} + 17,8) \frac{1,5879}{\alpha_n^{20}} \quad (2.19)$$

или

$$ЦЧ = A - 15,5 \quad (2.20)$$

где γ_{20} – вязкость при 20 $^{\circ}C$, сСт;

α_n^{20} – приведенная плотность;

A – анилиновая точка топлива.

Требования к газовому баллону для ДМЭ. Поскольку имеются требования к емкости для ДМЭ, которые должны быть снабжены поддонами и иметь теплоизоляцию, не допускающие нагрев ДМЭ выше 50 $^{\circ}C$.

Эти требования относятся к промышленным стационарным емкостям, где объем жидкой фазы ДМЭ допускается до 100 %.

Однако подача ДМЭ для транспортных средств (автомобилей, тракторов и др.) обеспечиваются газовым баллоном для

сжиженного нефтяного (пропан-бутанового) газа (СНГ), то жидкая фаза заправленного ДМЭ должна иметь объем не более 80 %, который ограничивается отсечным клапаном мультиклапанного устройства.

Также вместо пластмассового (резинового) поплавка мультиклапана рекомендуется использовать металлический, поскольку ДМЭ является сильным растворителем, в котором базовые (пластмассовые) поплавки могут раствориться (рис. 2.22).

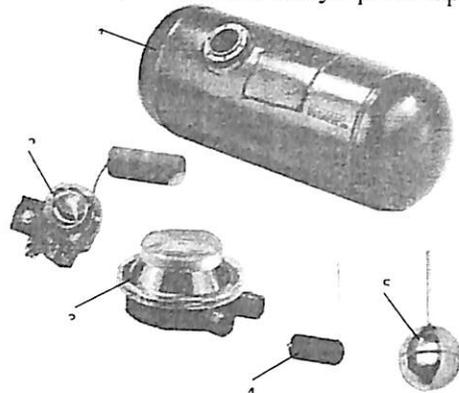


Рис.2.22. Компоненты газового баллона СНГ для ДМЭ: 1 – газовый баллон; 2 – мультиклапан с пластмассовым (резиновым) поплавком; 3 – крышка мультиклапана в сборе; 4 – заменяемый пластмассовый (резиновый) поплавок; 5 – устанавливаемый для ДМЭ металлический поплавок

При первичной заправке газового баллона ДМЭ сначала нужно выполнить его продувку газообразным азотом.

Газовый баллон для СНГ конструирован и эксплуатируется таким образом, чтобы в нем всегда существовала газовая подушка. Газовая подушка (не менее 20 % от общего объема газового баллона) служит для учета объемного расширения жидкой фазы топлива в зависимости от температуры окружающей среды (табл. 2.20).

Датчики и указатели уровня топлива газового баллона должны обеспечить полную герметичность в период между плановых технических обслуживаний. Запорно-предохранительная арматура газового баллона должна быть размещена только с правой стороны транспорта по ходу его движения.

Запорно-предохранительная арматура газового баллона или конструкция мультиклапана с магнитным указателем уровня газа состоит из вентиля жидкой и газовой фазы; наполнительный и предохранительный клапанов; магнитов, стрелки, поршня, поплавка с рычагом.

Таблица 2.20.

Давление насыщенных паров газов
($V=const$) различных топлив

Температура		Давление, МПа		
К	°С	ДМЭ	Пропан	Дизельное топливо
253	-20	0,129	0,200	0,0010
263	-10	0,190	0,300	0,0012
273	0	0,272	0,45	0,0015
283	10	0,378	0,56	0,0018
293	20	0,515	0,805	0,0020
303	30	0,687	1,10	0,0030
313	40	0,897	1,25	0,0040
323	50	1,152	1,5	0,0045

В таблице 2.21 приведены технические данные газовых баллонов СПБГ (ДМЭ).

Таблица 2.21.

Технические данные газовых баллонов СПБГ (ДМЭ)

№	Объем, л		DxL, мм	Масса, кг
	общий	полезный		
1	50	45	300×800	23
2	65	55	300×1000	27,5
3	72	61	356×897	38

В таблице 2.22 приведены основные показатели спиртов и эфиров, используемые в качестве топливных добавок

Таблица 2.22.

Основные показатели спиртов и эфиров, используемые в качестве топливных добавок

№	Наименование	Химическая формула	Октановое число, ОЧМ	Низшая теплотворная способность, МДж/кг	Содержание кислорода, % мас	Плотность, г/см ³	Допустимое содержание в бензине, % об
1	Метанол	СН ₃ ОН	101	22,7	49,9	0,790	3
2	Этанол	С ₂ Н ₅ ОН	101	29,6	34,7	0,790	5
3	Изопропанол	С ₃ Н ₇ ОН	106	33,3	-	0,790	10
4	Вторбутанол	С ₄ Н ₉ ОН	99	35,2	21,6	0,80	7
5	Третбутанол	С ₄ Н ₉ ОН	100	35,2	21,6	0,80	7
6	Метилтретбутаноловый эфир (МТБЭ)	(СН ₃) ₂ СО	108	40,2	10,2	0,750	15
7	Этилтретбутиловый эфир (ЭТБЭ)	(СН ₃) ₂ С ₂ Н ₅ СО	111	43,7	15,7	0,740	15
8	Метилтретамилловый эфир (МТАЭ)	(СН ₃) ₂ СН ₂ СО	102	40,4	15,7	0,77	15
9	Диметилафир	СН ₃ ОСН ₃	-	34,8	34,8	0,66	-
10	Диизопропиловый эфир (ДИПЭ)	С ₆ Н ₁₄ О	100	-	15,6	0,760	11
11	Метилацетат	С ₂ Н ₅ СООСН ₃	32	-	-	0,93	-

Известно, что ДМЭ используется в различных отраслях для/как:

- метилирования ароматических аминов;
- получения диметилсульфата;
- пропеллента аэрозольных баллонов;
- растворитель;
- экстрагент;
- хладогент;
- топливо для сварки и резки;
- химической промышленности;
- дополнитель с СНГ для бытовых нужд и т.д.

Перевод же дизелей на питание ДМЭ можно осуществлять двумя способами:

Частичная замена ДТ на ДМЭ. Данный способ в свою очередь можно реализовать различными путями: добавление ДМЭ к ДТ; смешивание ДМЭ во впускном трубопроводе с воздухом и подача в цилиндр; смешивание ДМЭ на линии подачи ДТ перед впрыском и др. При этом способе ДМЭ замещается примерно до 70 % ДТ.

Полная замена ДТ на ДМЭ. В этом варианте производится реконструкция топливоподающей системы (размеры плунжера

ТНВД, диаметр отверстий в форсунке) и изменение регулировок (положение рейки ТНВД, угол начала впрыска топлива и т.д.).

Все эти конструктивно-технологические изменения выполняются в целях компенсации низшей теплоты сгорания (уменьшение примерно в 1,5 раза, т.е. 28,9 МДж/кг вместо 42,5 МДж/кг) и вязкости (0,25 сСт вместо 2,5 сСт) ДМЭ по сравнению с ДТ.

Данный тип системы топливоподачи ДМЭ должен учитывать следующее:

-цикловая доза жидкой фазы впрыскиваемого в цилиндры ДМЭ должна быть в 1,6 раза больше, чем ДТ;

-в связи с тем, что давление насыщенных паров ДМЭ около 0,5 МПа, то избыточное давление подачи на линии низкого давления должно быть не менее указанного значения;

-более низкое значение вязкости ДМЭ требует использования специальных противозадирочных присадок;

-в связи с тем, что ДМЭ является сильным растворителем, то требуется замена материалов необходимых деталей;

-появление определенных технических затруднений по использованию части ДМЭ из обратной линии топливоподачи и др.

С учетом вышеизложенного для исследований был выбран первый способ (частичная замена дизельного топлива ДМЭ путем подачи его через впускной тракт смешиванием с воздухом) использования ДМЭ в качестве моторного топлива.

Выбранная система топливоподачи ДМЭ состоит из газового баллона (рис. 2.23). На рис. 2.24 и 2.25 приводятся оборудование ДМЭ, установленное на трактор ТТЗ-80 и подкапотного оборудования.

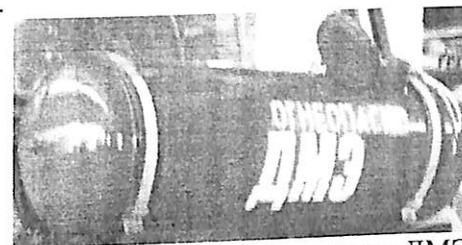


Рис. 2.23. Газовый баллон для ДМЭ

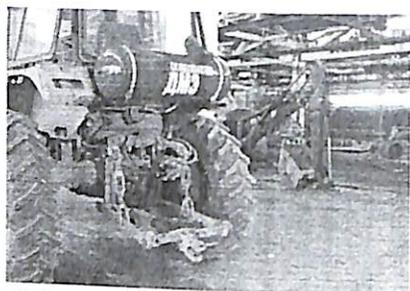


Рис. 2.24. Оборудование ДМЭ, установленное на трактор ТТЗ-80

Конструкции дополнительных систем или узлов (газовоздушный смеситель, дозатор газа и др.) для переоборудования разрабатываются исходя из конструкции конкретного автотракторного средства, подготовленного к переоборудованию и принятой схемы ее переоборудования.

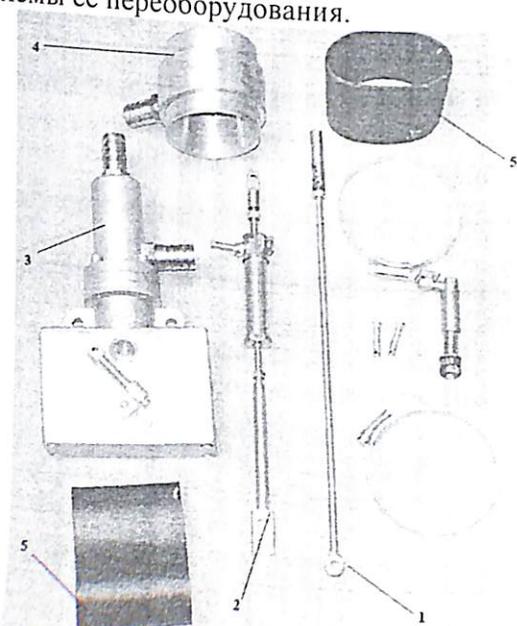


Рис. 2.25. Основные элементы подкапотного оборудования для частичной замены ДТ на ДМЭ: 1 – тяга управления; 2 – устройство управления ДМЭ; 3 – дроссельная заслонка управления составом смеси; 4 – газовоздушный смеситель; 5 – резиновый трубопровод и хомут крепления газовоздушного смесителя

На рис. 2.26 представлена принципиальная схема переоборудования дизеля Д-243 трактора ТТЗ-80 по частичной замене ДТ на ДМЭ.

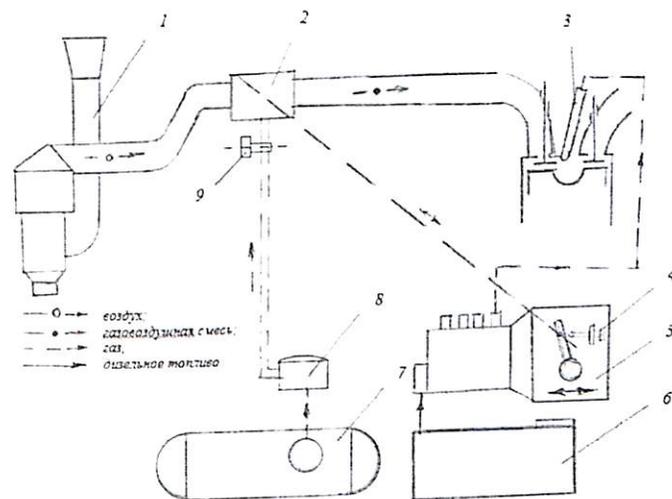


Рис. 2.26. Принципиальная схема переоборудования дизеля Д-243 трактора ТТЗ-80 по частичной замене ДТ на ДМЭ: 1 – воздушный фильтр; 2 – газовоздушный смеситель-дозатор газа; 3 – форсунка; 4 – регулировочный винт; 5 – ТНВД; 6 – топливный бак; 7 – газовый баллон ДМЭ; 8 – газовый редуктор-испаритель; 9 – дозатор газа

Стендовые сравнительные испытания дизелей Д-243 на дизельном топливе (ДТ) с ДМЭ ТУ 2434-059-05761643-2001 проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 18509-80 на базе электрического тормоза переменного тока КИ-2343.

По результатам выполненных испытаний дизеля Д-243 на ДТ и ДМЭ с запальной дозой ДТ (по частичной замене ДТ с ДМЭ) с примерным соотношением ДТ:ДМЭ=50:50 (рис. 2.27).

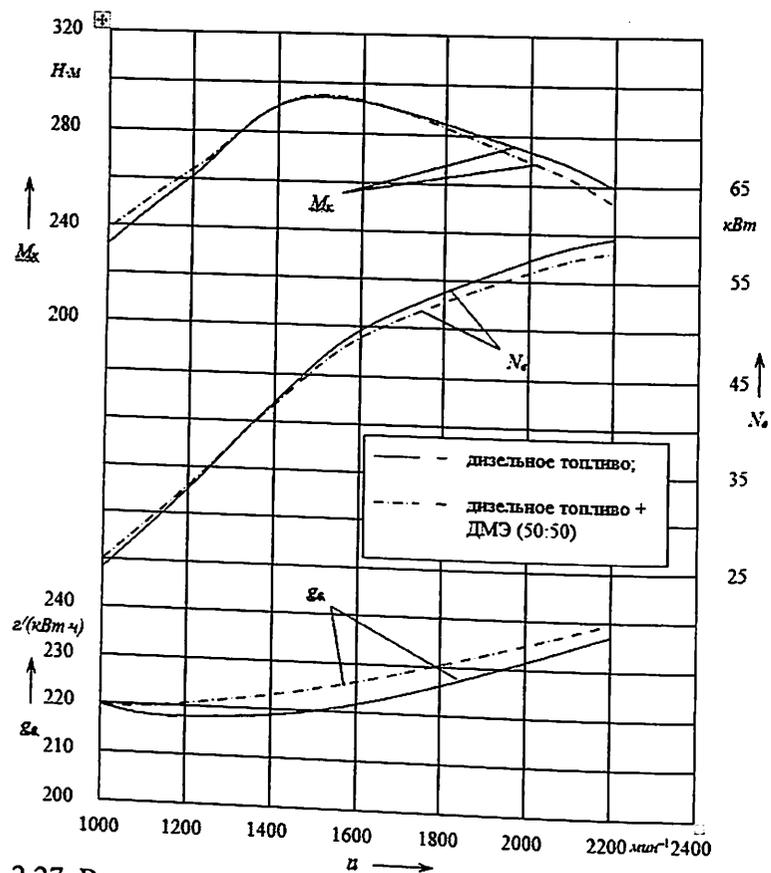


Рис. 2.27. Внешняя скоростная характеристика дизеля Д-243 на ДТ и ДМЭ с запальной дозой ДТ

В рамках проведенных в ТАДИ исследований установлено, что реализацию полной замены ДТ на ДМЭ можно осуществить путем доводки минимум двух свойств (вязкость и теплотворная способность) ДМЭ.

Анализ выполненных работ по вопросу использования ДМЭ в качестве моторного топлива показывает:

1. ДМЭ имеет практически те же свойства, отмеченные в ТУ и других технических источниках, а также полученные при исследованиях.

2. ДМЭ в качестве заменителя дизельного топлива можно использовать путем полной замены, в смеси с дизельным топливом и отдельной (параллельной) подачей.

3. По установленным значениям показателей ДМЭ в настоящее время целесообразно подавать его в двигатель отдельно (параллельно) с дизельным топливом. Данный способ позволяет замешать примерно 55...70 % дизельного топлива ДМЭ.

4. Для проведения стендовых, эксплуатационных испытаний на базе тракторного дизеля рекомендуется использовать модернизированные 50...65 литровые газовые баллоны сжиженного пропан-бутанового газа (СПБГ) с установкой внутрибаллонных металлических деталей вместо пластмассовых/резиновых. Транспортировку газового баллона с ДМЭ для испытаний осуществлять в закреплённом виде с защитными элементами.

5. С учетом низких значений вязкости и теплоты сгорания ДМЭ по сравнению с дизельным топливом целесообразно довести значений вязкости (смазывающее свойство) и теплоты сгорания ДМЭ до их соответствующих значений для дизельного топлива, что позволит использовать ДМЭ без каких-либо изменений регулировок ТНВД.

ДМЭ в качестве моторного топлива для ДВС с искровым зажиганием.

Выполненные научно-технические работы в ТГТрУ и ФерПИ показали, что использование диметилового эфира в качестве экологически чистого заменителя (добавки) дизельного топлива, а также в качестве добавки к сжиженному нефтяному газу является современным и перспективным решением энерго-экологических проблем транспорта.

Использование композитных газовых моторных топлив, состоящие из сжиженного нефтяного газа (90%) и диметилового эфира (10%) является новым решением энерго-экологических проблем легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания. При этом частично замещается сжиженный нефтяной газ и снижаются выбросы вредных веществ (NO_x на 22-72%), включая выбросы парникового газа —

углекислого газа (CO₂ на 10-45 %), а также снижается удельный расход энергии на 6,7- 6,9% (13,4 -15,9 МДж/100 км) на пробег.

4.13. Биогаз (Биометан)

С начала 70-х годов во многих государствах одной из ключевых областей развития науки и техники, стало биотехнология. В этом вопросе особенно Китаю удалось занять ведущее положение, где широкое распространение нашло получение биогаза из отходов жизнедеятельности домашних животных и человека. Годовая выработка биогаза в Китае составляет более 720 млн. кубических метров, что эквивалентно 3 млн. тонн угля, каждый кубометр из которых позволяет приготовить обед на 6...7 человек или обогреть помещение средних размеров в течение 6...8 часов.

Биогаз также получают путем переработки городских твердых бытовых и другие сырья растительного происхождения отходов. Для получения биогаза в качестве сырья многие специалисты стали выращивать дикие травы, такие как, ятропу в Африке и гигантский тростник в Европе и США.

В табл. 2.23 приводится расход биогаза, содержащего 65 % метана для различных энергоагрегатов, а в таблице 2.24 энергетических эквивалентов различных энергоисточников.

Узбекистан же в естественных условиях имеет огромные запасы дикорастущих трав и кустарников, которые могут быть сырым для получения жидких и газообразных топлив биологического происхождения.

Получения биогаза из органических отходов основано на их свойствах выделять горючий газ в результате так называемого "метанового сбраживания" в анаэробных (без доступа воздуха) условиях. Биогаз, получаемый при этом состоит из 55...70 % метана, 20...50 % углекислого газа, около 1...2 % сероводорода и незначительного количества азота, водорода, кислорода, аммиака, окиси углерода и др., который имеет теплотворной способности 20...25 МДж/м³ (6,1 кВт·ч). Он эквивалентен 0,6 л бензина или 0,85 л спирта или 2 кВт·ч электроэнергии.

Таблица 2.23.

Расход биогаза для различных энергоагрегатов

Энергоагрегаты	Мощность, кВт		Расход газа, м ³ /час
	электрическая	тепловая	
Premi F 25 AP B10			11,6
Cento T88 SP B10	23	41,5	35,6
Cento T100 SP B10	76	113	42,5
Cento T150 SP B10	95	130	62,6
Cento T160 SP B10	142	193	65,3
Quanto C770 SP	150	203	374
B10	785	1344	459
Quanto C1100 SP	1100	1441	
B10			

Выход биогаза в сутки из навоза, полученного от одной головы скота (птицы): корова – 1,5 м³; свинья – 0,2 м³; птице – 0,012 м³

Таблица 2.24.

Энергетические эквиваленты различных энергоисточников

№	Энергические источники	Теплота сгорания, МДж/кг (МДж/м ³)	Коэффициент перевода		Примечание
			Условное топливо (у.т)	Нефтяной эквивалент (н.э)	
1	Нефть	41,9	1,43	1,0	1 кВт·ч=123 г.у.т.= =860ккал=3,6МДж
2	Уголь каменный	27,6	0,94	0,67	
3	Природный газ	(≥31,8)	1,17	0,83	
4	Электроэнергия (на 1 кВт·ч)	3,6	0,123	0,086	
5	Уран	475000	16,2	11,33	
6	Сланцевая смола	40	1,37	0,95	

Данный вид газа, получается с помощью анаэробного метанового брожения биомассы. В состав биогаза входят 55...65 % метана, 35...45 % двуокиси углерода, около 1 % водорода и сероводорода, а также незначительные примеси азота, аммиака, ароматических и галогено-ароматических углеводородов.

Основными источниками биогаза являются органические отходы: навоз, фекалин, твердые бытовые отходы, солома и т.д. (табл. 2.25).

Таблица 2.25.

Выход биогаза в зависимости от исходного сырья

№	Исходное сырье	Выход биогаза из 1 кг сухого вещества, л/кг	Содержание метана, %
1	Навоз крупного рогатого скота	200...300	60
2	Домашние отходы	600	50
3	Твердый осадок сточных вод	570	70
4	Трава	630	70
5	Ботва картофельная	420	60
6	Шелуха подсолнечника	300	60

Установки (метантанки, анаэробные колонны) оборудуются на фермах, полигонах твердых бытовых отходов.

Мировой рынок биогаза имеет устойчивую тенденцию к расширению. Страны ЕС, США, Китай, Индия, Бразилия являются лидерами по производству биогаза, где приняты и действуют законы, программы согласно которых установлены порядок сбора, хранения, переработки отходов, получения и использования биогаза.

В США 8 % вырабатываемой электрической энергии получают с помощью биогаза, и составляет 24 % от всего количества природного газа, действуют более 350 биогазовых заводов.

В Китае действуют более 10 млн. малых биогазовых установок, которые производят около 7 млрд. куб. метров биогаза в год.

Общая схема производства биогаза не сложная (рис. 2.28), где сырье смешивается в приемнике танка и измельчается до получения полужидкой гомогенной массы, и далее полученная масса нагревается до 70 °С не менее 1 ч с целью уничтожения бактерий. После охлаждения сырье перекачивается в автоклав (биореактор-метантанк, ферментатор), где оно подвергается анаэробному брожению при температуре 38 °С. Процесс получения биогаза длится обычно около 1 месяца.

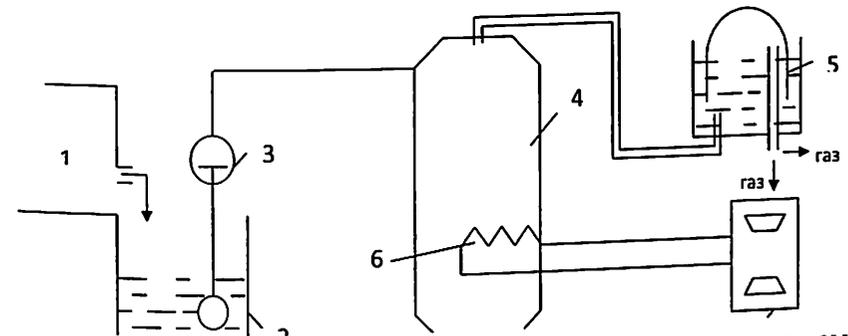


Рис. 2.28. Схема биогазовой установки: 1 - сборник исходного сырья; 2 - навозоприемник со смесителем; 3 - насос; 4 - метантанк; 5 - газгольдер; 6 - теплообменник; 7 - котел; 8 - хранилище удобрений

Существуют три температурного режима брожения: психрофильный -20-25 °С, мезофильный - 25...40 °С и термофильный - 45...60 °С. Для интенсификации брожения добавляют катализаторы (глюкозу и целлюлозу).

Полностью автономный, энергонезависимый биореактор потребляет для 10...25 % вырабатываемого газа. Это требуется для осуществления термостатирования и перемешивания. При оптимальном сбраживании остаток биоудобрения составляет 30 % от массы исходного сырья, а остальные 70 % органических веществ разлагаются.

Теплотворная способность биогаза составляет 23 МДж/м³ (550 ккал/м³). Один м³ биогаза энергетически эквивалентен 0,6 м³ природного газа или 0,4 л бензина.

Известно, что биомасса, как источник для получения биогаза и других продуктов, представляет собой сложную смесь различных соединений. В расчете на сухое вещество в ней содержится 5...10 % растворимых соединений (сахара, крахмал, мочевины, соли), 5...40 % протеинов, 25...90 % целлюлозы и гемицеллюлозы, 5...30 % лигнина, 1...13 % нерастворимых в воде неорганических соединений. Биомасса растительного происхождения характеризуется до 40 % содержанием кислорода.

В основном недостатком биомассы как сырья для получения альтернативных моторных топлив относится рассредоточенность

ее ресурсов и необходимость учета поддержания экологического равновесия конкретного района.

В целях получения моторных топлив из биомассы используется термохимическими (прямое сжигание, пиролиз, газификация, экстракция масел) и биохимическими (ферментация, анаэробное разложение) процессами.

При переработке биомассы в моторное топливо наибольший интерес представляет газификация с получением синтез-газ с последующим получением жидких углеводов.

Теплотворная способность сухой биомассы составляет 16...24 ГДж/т.

На рис. 2.27 представлена схема получения и использования биогаза (биометан) для различных целей.

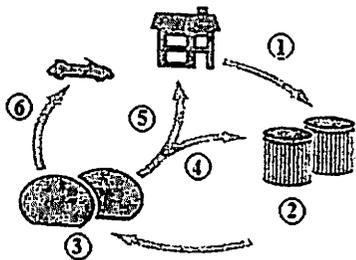


Рис. 2.29. Схема получения и использования биогаза (биометана)

1-Различные бытовые и пищевые отходы, сточные воды; 2- Анаэробные процессы; 3-Производство биогаза (биометана); 4- Производство тепловой энергии; 5- Производство электрической энергии; 6-Использование как моторное топливо.

4.14. Водород

Водород – это высокоэффективное и экологически чистое топливо. При горении водорода образуется только вода, а теплота его сгорания составляет 143 кДж/г, то есть примерно в 5 раз выше, чем у углеводов (29 кДж/г). Он является самым распространенным веществом во Вселенной (по оценкам, он составляет около половины массы звезд и большую часть

межзвездного газа), однако на Земле в свободном виде его практически нет. Небольшое количество водорода выбрасывают вулканы, но газ этот настолько легкий, что его молекулы очень быстро улетают из атмосферы в космическое пространство т.с., водород не источник энергии, а лишь ее носитель. Чтобы использовать водород в качестве топлива, сначала следует извлечь его из другого вещества. В настоящее время крупномасштабное использование водорода освоено в промышленных химических процессах и ракетной технике.

Мировое производство водорода составляет более 50 млн. тонн в год, который в дальнейшем может служить источником энергии для локального производства, электричества и тепла, бытового энергоснабжения, аккумуляции энергии, для транспорта, в том числе для заправки автомобилей. Изучение путей экологически чистого обеспечения развивающегося человеческого общества энергией показывает, что кардинальное решение этой глобальной проблемы необходимо связывать с разработкой и осуществлением концепции, предусматривающей крупномасштабное производство на солнечной энергетике не только электроэнергии и тепла, но и производство водорода и последующее его использование для разнообразных нужд человека.

Преимущества водорода:

- для получения водорода имеется неограниченное количество сырья (вода);
- водород – хороший энергоноситель для использования и транспортировки;
- использование водорода для получения энергии не загрязняет окружающую среду;
- водород – химический реагент, необходимый в больших количествах для промышленности;
- водород позволяет осуществлять аккумуляцию энергии.

При соединении водорода с кислородом в электрохимическом генераторе (ЭХГ) происходит прямое преобразование химической энергии в электричество с высоким коэффициентом полезного действия.

При сжигании водорода в чистом кислороде единственными продуктами являются высокопотенциальное тепло и вода. При горении водорода в воздухе образуется существенно меньшее количество загрязнителей воздуха, чем при сжигании минерального топлива. Проблемы водородной безопасности на всех звеньях обращения с водородом: при его производстве, хранении, транспортировке, использовании.

Для производства водорода необходимо разорвать его химические связи в углеводородах или воде и выделить его из реакционной смеси. Первый шаг реакции расщепляет метан и водяной пар на водород и монооксид углерода (синтез-газ). Вслед за этим монооксид углерода и вода превращается в диоксид углерода и водород. Эта реакция происходит при температурах 200...250 °С

В ближайшем будущем методы получения водорода с использованием углеродного сырья будут основными. Однако, сырьевые и экологические ограничения процесса паровой конверсии метана стимулируют разработку процессов производства водорода из воды. Среди способов получения водорода из воды наибольший интерес в контексте солнечноводородной энергетики представляют электролиз, термохимические и термоэлектрохимические циклы.

Как известно, для прямого термического разложения воды на водород и кислород требуется высокая температура на уровне 2500 °С. Однако воду можно термически разложить и при более низкой температуре, используя по-следовательность химических реакций, которые выполняют следующие функции: связывание воды, отщепление водорода и кислорода, регенерация реагентов. Термохимический процесс получения водорода с КПД до 50 % использует последовательность химических реакций (например, серно-кислотно-йодный процесс) и требует подвода тепла при температуре около 1000 °С. Источником тепла при термохимическом разложении воды служит высокотемпературный реактор. На отдельных стадиях процессов такого типа наряду с термическим воздействием для отщепления водорода может использоваться электричество (электролиз, плазма).

Изучено много комбинаций химических реакций, в которых вода расщепляется на водород и кислород в замкнутом цикле с поглощением тепла и электричества. При паровой конверсии метана около половины водорода производится из воды. Довести в этом цикле долю водорода, получаемого расщеплением воды, до 100 %, можно путем электрохимического или плазменного восстановления метана из метанола с возвращением его к началу процесса. Выбор оптимального процесса разложения воды определяется рядом критериев, среди которых важнейшими являются следующие: эффективность цикла, термодинамические и кинетические характеристики отдельных реакций, доступность и стоимость реагентов, совместимость реагентов и конструкционных материалов, безопасность процесса, экологические соображения и, в конечном счете, экономические показатели.

Электролитический водород является наиболее доступным, но дорогим продуктом. В промышленных и опытно-промышленных установках реализован КПД электролизера – 70...80 %, в том числе для электролиза под давлением. Паровой электролиз – это разновидность обычного электролиза. Часть энергии, необходимой для расщепления воды, в этом случае вкладывается в виде высокотемпературного тепла в нагрев пара (до 900 °С), делая процесс более эффективным.

Высокотемпературными электролизерами позволит получить суммарный КПД производства водорода из воды до 50 %.

В свободном состоянии и при нормальных условиях водород – бесцветный газ, без запаха и вкуса. Относительно воздуха водород имеет плотность 1/14. Он обычно и существует в комбинации с другими элементами, например, кислорода в воде, углерода в метане и в органических соединениях. Поскольку водород химически чрезвычайно активен, он редко присутствует как несвязанный элемент.

Охлажденный до жидкого состояния водород занимает 1/700 объема газообразного состояния. Водород при соединении с кислородом имеет самое высокое содержание энергии на единицу массы: 120,7 ГДж/т. Это – одна из причин, почему жидкий водород используется как топливо для ракет и энергетики космического корабля, для которой малая молекулярная масса и

высокое удельное энергосодержание водорода имеют первостепенное значение.

При сжигании в чистом кислороде единственные продукты – высокотемпературное тепло и вода. Таким образом, при использовании водорода не образуются парниковые газы и даже не нарушается круговорот воды в природе.

Запасы водорода, связанного в органическом веществе и в воде, практически неисчерпаемы. Разрыв этих связей позволяет производить водород и затем использовать его как топливо. Разработаны многочисленные процессы по разложению воды на составные элементы.

При нагревании свыше 2500 °С вода разлагается на водород и кислород (прямой термолиз). Столь высокую температуру можно получить, например, с помощью концентраторов солнечной энергии. Проблема здесь состоит в том, чтобы предотвратить рекомбинацию водорода и кислорода.

В настоящее время в мире большая часть производимого в промышленном масштабе водорода получается в процессе паровой конверсии метана (ПКМ). Полученный таким путем водород используется как реагент для очистки нефти и как компонент азотных удобрений, а также для ракетной техники. Пар и тепловая энергия при температурах 750...850 °С требуются, чтобы отделить водород от углеродной основы в метане, что и происходит в химических паровых реформерах на каталитических поверхностях. Первая ступень процесса ПКМ расщепляет метан и водяной пар на водород и моноксид углерода. Вслед за этим на второй ступени «реакция сдвига» превращает моноксид углерода и воду в диоксид углерода и водород. Эта реакция происходит при температурах 200...250 °С.

Однако наибольшее внимание исследователей, разработчиков, промышленности и инвесторов привлекают к себе топливные элементы. Топливные элементы (электрохимические генераторы – ЭХГ) – тип технологий, использующих реакцию окисления водорода в мембранном электрохимическом процессе, который производит электричество, тепловую энергию и воду. Американская и советская космические программы использовали ЭХГ в течение десятилетий. Топливные элементы (ТЭ) для привода автомобилей и автобусов успешно разрабатываются для

следующего поколения транспортных средств, а также для автономных систем энергопитания. Твердополимерные (ТП) ТЭ по техническому уровню находятся на пороге коммерциализации. Однако в настоящее время их высокая стоимость (энергоустановка – 104 долл./кВт) в значительной степени сдерживает этот процесс. Многие компании прогнозируют снижение стоимости энергоустановок с ТП ТЭ на порядок и более при их массовом производстве. Для массового применения ТП ТЭ в автотранспорте их стоимость должна быть снижена до 50...100 долл./кВт (при современной стоимости бензина и отсутствии финансовых механизмов, учитывающих ущерб от выхлопных газов). В недалекой перспективе в результате ужесточения стандартов на выбросы, повышения стоимости бензина и снижения стоимости ТЭ ожидается изменение конъюнктуры в пользу автомобилей и автономных энергоустановок мощностью до 100...300 кВт с ТП ТЭ. В этих направлениях НИОКР развиваются с возрастающей активностью. В США, Германии, Японии, Канаде созданы и эксплуатируются опытные водородные автозаправочные станции.

Потенциально более эффективно хранить водород в гидридах. Гидриды – химические соединения водорода с другими химическими элементами. В настоящее время разрабатываются системы хранения на основе гидридов магния. Некоторые металлические сплавы типа магний-никель, магний-медь и железо-титановые сплавы поглощают водород в относительно больших количествах и освобождают его при нагреве. Гидриды, однако, хранят водород с относительно небольшой плотностью энергии на единицу веса, а процессы их заправки идут недопустимо медленно. Цель проводимых текущих исследований – создать состав, который будет запасать существенное количество водорода с высокой плотностью энергии, легко освобождать его и быть рентабельным. С этой точки зрения уже освоенные в крупнотоннажной химии технологии синтеза водородонесущих химических соединений – аммиака, метанола и некоторых других позволяют уменьшить затраты на необходимую инфраструктуру доставки и заправки водорода, использовать оптимальные системы его хранения на борту. По объемной плотности хранения водорода метанол в 1,5 раза превосходит

жидкий водород. К таким системам относится и диметиловый эфир (ДМЭ), производимый из метанола для применения на автотранспорте вместо дизельного топлива.

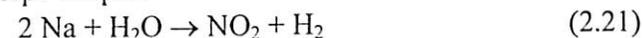
В связи с этим системы, где источником водорода является жидкий (при атмосферном давлении) метиловый спирт или бензин, представляются более перспективными. При применении метанола упрощается система хранения и транспортировки топлива. С бензином еще проще, но пока не разрешены все проблемы создания недорогого и надежного в эксплуатации конвертера для разложения углеводородов с образованием водорода и углекислого газа. Daimler Chrysler намерен изготовить для опытной эксплуатации партию автомобилей NECAR-3 с топливными элементами на метаноле и запасом хода между двумя заправками 400 миль. У фордовской модели Ford Mondeo P2000 FC5, создаваемой в европейском исследовательском центре компании Ford Forschungszentrum Aachen, 400 топливные ячейки на метаноле массой 172 кг расположены под капотом. При повышенной температуре начинается реакция образования водорода из метанола. Электромотор мощностью 120 л.с. обеспечивает достижение максимальной скорости 145 км/ч. Автомобили с электродвигателями и топливными элементами – экологически чистые машины. Но возникают новые технические и экономические проблемы при создании портативных установок для получения водорода непосредственно в силовом агрегате автомобиля. Например, на сегодняшний день после стоянки с неработающим двигателем требуется до двух минут, чтобы вся система начала работать снова. General Motors продемонстрировала пикап Chevrolet S10 с топливными элементами, источником водорода для которых служит бензин. General Motors рассчитывает стать первой компанией, которая выпустит миллион автомобилей с топливными элементами. Для реализации проекта необходимо производство в стране бензина без или с ничтожно малым содержанием серы. Gallon такого бензина будет стоить на 5 центов дороже. Цена конвертера для выделения водорода при массовом производстве может быть не более 3 тыс. долл.

В настоящее время наиболее рентабельный способ производить водород – паровая конверсия. Согласно данным Минэнерго США, стоимость водорода была 7 долл./ГДж (для

условий большого завода), что эквивалентно стоимости бензина 0,24 долл./л.

Производство водорода электролизом воды на основе современных технологий оценивается по затратам от 10 до 20 долл. за ГДж. Аналогичные цифры дают оценки, полученные для термохимического производства водорода из воды с использованием энергии высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторов (ВТГР).

Рассмотрим простую схему химической реакции получения водорода на примере натрия



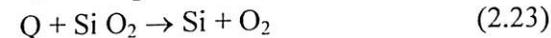
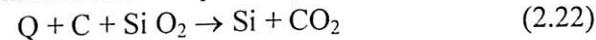
Таким образом, с помощью энергоаккумулирующих веществ (ЭАВ) можно получить водород непосредственно перед подачей его в систему питания, т.е. не надо будет хранить или транспортировать его непосредственно на борту.

Следовательно, цикл использования ЭАВ состоит из трех стадий.

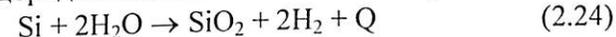
- восстановление ЭАВ из окисла используя некоторый источник энергии;
- получение с помощью ЭАВ водорода;
- использование водорода как топлива.

Наиболее перспективным ЭАВ является кремний, использование которого можно описать следующими реакциями:

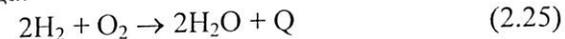
– восстановление кремния (восстановление кремния углеродом или разложение окисла кремния) из окисла:



– получения водорода использование катализатора:



– сжигание водорода:



Известно, что SiO_2 – это песок, который не требует особых условий хранения и перевозки. В природе особенно в глубинных слоях моря имеется готовый ЭАВ – сероводород:



В настоящее время в целом использование водорода как источник энергии ведется по двум направлениям. Одно из них — путем сжигания его в энергетических стационарных и транспортных установках. Второе направление связано с совершенствованием топливных элементов, где происходит синтез водорода и кислорода для вырабатывания электричества.

Существующая технологическая цепочка использования водорода выделяется особенностями его производства, транспортировки и хранения, которые создают определенные затруднения, а также требуют соблюдения специальных мер безопасности. Известно, что водород может находиться в трех состояниях: газообразном, жидком или в гидридах.

В газообразном состоянии из-за низкой плотности водород требует для хранения больших объемов, а для сокращения этих объемов приходится содержать их при высоком давлении, что в свою очередь требует достаточно много энергии и специальных мер безопасности. В жидком же состоянии он находится в условиях низкой криогенной температуры, что из-за высокой испаряемости требует дорогой теплоизоляции. Хранение же водорода в гидридах металла в технологическом плане все еще требует совершенствования, т.е. технологические процессы внедрения водорода в гидриды и затем его извлечения сопровождаются значительными энергетическими затратами.

В этой связи имеется концепция использования водорода непосредственно в местах его производства, где имеются необходимые условия его получения и сырьевые ресурсы. Основными источниками получения водорода являются вода при ее электролизе или углеводородные топлива (уголь, природный газ) или другие источники (кремний и др.) указанные выше.

При газификации угля расход энергии составляет 6,8 кВт·ч на один кубический метр водорода, а из природного газа — 4,3...4,6 кВт·ч. Технический процесс получения водорода и электрической энергии представлен на рис. 2.30.

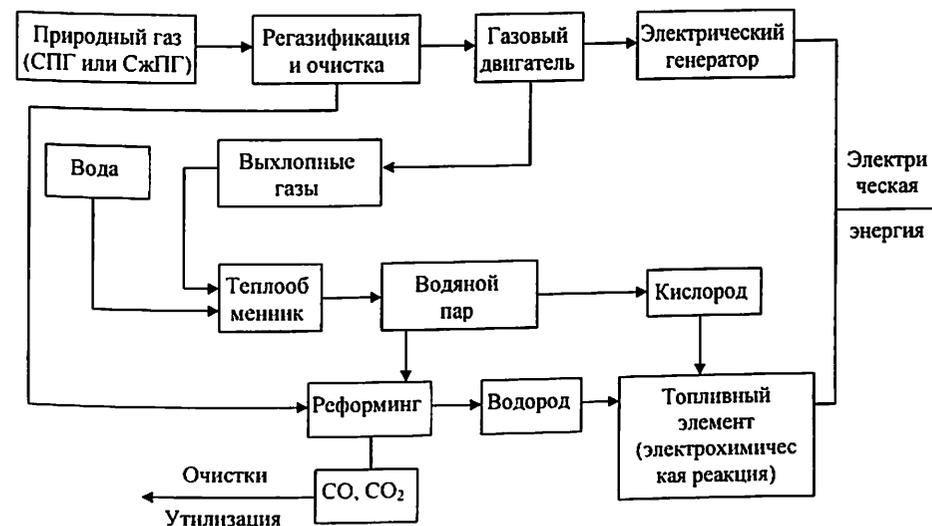


Рис. 2.30. Схема технологического процесса получения водорода из природного газа

Результаты проведенных многочисленных исследований показывают, что современные автомобильные двигатели внутреннего сгорания могут работать на водороде. Однако для реализации всех его преимуществ необходимы существенные конструктивные изменения двигателя:

- увеличение степени сжатия (до $\epsilon = 14,0$);
 - разработка мероприятий по предотвращению преждевременного воспламенения, обратных вспышек, детонации;
 - конструктивные изменения в системы питания и т. д.
- Добавка водорода к дизельному топливу могут снижаться выбросы твердых частиц и оксидов азота.

Такие свойства, как малая энергия и широкие пределы воспламенения, высокая скорость сгорания, большие значения коэффициентов диффузии делают водород идеальной добавкой к обычным топливам, инициирующей процесс сгорания бедных углеводородных смесей. При этом обеспечивается существенное улучшение топливной экономичности и экологических показателей двигателя. Использование водорода в качестве добавки к нефтяным топливам не требует больших конструктивных

изменений двигателя: модификация затрагивает в основном системы питания и регулирования.

Серьезной проблемой является хранение водорода на борту автомобиля. Самый эффективный из способов хранения водорода - это баллоны. Однако при этом может происходить водородная коррозия (науглероживание), обусловлена способностью водорода к адсорбции, диффузии и растворению в металле.

Перспективные способы его хранения - адсорбция водорода в гидридах металлов (порядка 3 %) и в интерметаллидах (до 5 %). При хранении водорода в сжиженном состоянии в криогенных баках масса системы хранения также в 3-5 раз больше массы системы хранения бензина. Кроме того, возможно испарение водорода из системы хранения, составляющее около 1 % в сутки.

4.15. Синтетические топлива из угля, горючих сланцев, биомассы и природного газа

Технологии GTL. Технологии по производству синтетических жидких топлив (СЖТ) получили название технологий GTL (gas to liquid, газ в жидкость). Разработкой таких технологий занимаются крупнейшие нефтегазовые компании (Exxon Mobil, Shell, British Petroleum, Chevron-Texaco, Sasol, Conoco Phillips, Statoil) и технологические компании (Syntroleum, Rentech). Продукция технологий GTL - прямогонные бензины (нафта), содержащие в основном углеводороды парафинового ряда. Синтетическое дизельное топливо, которое практически не содержит серы, имеет в своем составе незначительную примесь ароматики и обладает высоким цетановым числом (более 70 против 45...55 у нефтяного дизельного топлива), а также высокомолекулярные парафины и церезины - основа высококачественных масел и смазок.

Каждая из компаний, работавших в области получения СЖТ, считает свою технологию лучшей. Из-за различных методик расчета технико-экономических показателей, разных условий, в которых предполагалась реализация проекта (реконструкция, использование имеющейся инфраструктуры, новое строительство), сопоставление технико-экономических показателей технологий затруднено. Инженерная компания Reytheon

Engineering and Construction Inc. (Хьюстон, США) выполнила сравнение технико-экономических показателей технологий GTL, разработанных различными компаниями, в сопоставимых условиях.

Кроме сопоставления технико-экономических показателей, еще одним методом сравнения технологий является определение энергетического КПД, измеряемого количеством затраченной энергии (в БТЕ - британских тепловых единицах) на баррель получаемых жидких продуктов. Для технологии Conoco энергетический КПД - 8,3 млн БТЕ/барр; Sasol-Chevron - 8,5; Exxon - 9,3, а Shell приводит значение КПД 9,8 млн БТЕ/барр.

Основными продуктами, получаемыми по технологии GTL, являются сжиженные газы, нафта (фракции прямогонного бензина), дизельное топливо, специальные продукты (высокомолекулярные парафины).

Нафта (легкие бензиновые фракции) имеет благоприятный фракционный состав, не содержит ароматических углеводородов и серы. Указанные свойства позволяют ее использовать, как высококачественное нефтехимическое сырье при производстве этилена и пропилена.

Дизельное топливо по технологии GTL имеет высокое цетановое число (более 70), практически не содержит серы и имеет очень низкое содержание ароматических углеводородов. Учитывая тот факт, что нефтепереработчикам для удаления серы из дизельного топлива приходится тратить миллионы долларов, дизельное топливо по технологии GTL можно использовать для компаундирования с обычным нефтяным дизельным топливом, снижая затраты и обеспечивая повышенные экологические характеристики топлива.

Дизельное топливо, как продукт технологий GTL, представляет наибольший интерес для потребителей, т.к. в перспективе намечаются высокие темпы роста спроса на дизельное топливо как в мире в целом (1350 млн. т/год), так и на европейском и азиатском рынках. По оценке экспертов консалтинговой компании Chem System спрос на дизельное топливо с различным содержанием серы на европейском и азиатском рынках будет расти.

Как известно, первоначально производство СЖТ было организовано на базе угля. В настоящее время интерес к углю, как источнику сырья для производства СЖТ и ценных химических продуктов усилился. Ресурсов угля много, они расположены в странах, где более всего ожидается рост спроса на энергию, в т.ч. на моторные топлива.

Особенно большой интерес к углю, как сырью для производства моторных топлив, проявляется в Китае. Эксперты американской компании Nexant Chem System утверждают, что в Китае в ближайшее время будут построены 4 установки типа СТО (coal to olefins). Другие проекты такого типа получают разрешение на реализацию, если опыт эксплуатации этих предприятий будет удачным. Перспективным для Китая считаются также проекты типа СТЛ (coal to liquid), аналогичные проектам GTL, но с ориентацией на угольное сырье. По оценке экспертов расход угля на производство 1 т СЖТ составляет 3,6 т, а удельные капитальные вложения – 1700 долл./т.

По масштабам реализации проекты типа СТЛ значительно превзойдут проекты типа GTL. В частности, по вероятному варианту прогноза в период 2011...2015 гг. – 15 млн т/год, 2016...2020 гг. – 30 млн т/год, 2021...2025 гг. – 25 млн т/год, 2026...2030 гг. – 35 млн т/год, а всего уровень мощностей по производству СЖТ из угля с учетом действующих производств составит в 2015 г. – 30 млн т/год, т.е. 2 % от суммарного спроса на дизельное топливо и в 2030 г. достигнет 6 %.

Горючий сланец относится к топливно-энергетическому и химическому сырью и является нетрадиционным источником углеводородного сырья.

Горючий сланец – полезное ископаемое, залегающее на сравнительно небольших глубинах, относится к группе твердых каустобиолитов и состоит из органического вещества (10...50 % по массе) и минеральной части. Промышленную ценность представляет, как органическая, так и минеральная части сланцев, основными компонентами которой являются карбонаты и алюмосиликаты.

Сланцы используются для энергетических и технологических целей: в качестве топлива в производстве тепловой и электроэнергии (при прямом сжигании), являются сырьем для

получения жидкого топлива (при глубокой переработке), а также сырьем для химической, металлургической отраслей и строительства.

Горючие сланцы бывают нескольких типов:

–сапропелитовые-кукерситы. Эти горючие сланцы состоят в основном из продуктов превращения простейших водорослей и животных материалов.

–гумито-сапропелитовые. Эти горючие сланцы состоят в основном из измененных остатков высших растений.

Горючий сланец используется в качестве топлива и энергохимического сырья. Из сланцевой руды, например, хорошо получают различные химические продукты. Это фенолы, пластификаторы, клеевые вещества, а так же вещества для борьбы с эрозией почв и борьбы с сорняками. Из отходов горючих сланцев получают строительные материалы (цемент и прочее). В основном сейчас горючие сланцы рассматривают как возможное сырье для получения нефти и газа.

Разработка горючих сланцев с учетом глубин залегания и мощности пластов может осуществляться только подземным (шахтным) способом. Вовлечение ресурсов горючих сланцев в топливный баланс республики возможно путем их термической переработки с твердым теплоносителем. Эта технология отработана и имеет самую высокую эффективность использования горючих сланцев. При переработке 5 млн. т в год горючих сланцев по данной технологии можно получить около 300...325 тыс. т сланцевой нефти, газового бензина – 45...50 тыс. т, газа – 175...275 млн. м³.

В сухом веществе горючих сланцев содержится 50...80 % неорганических веществ и 20...35 % керогена (иногда до 50 %). Минеральная часть состоит из карбонатов Ca (преимущественно), Mg, Fe, кремнистых и глинистых компонентов (кварца, полевых шпатов и сложных алюмосиликатов); встречаются включения FeS₂, а также соединений Ge, Be, Sc и др. редких элементов. Кероген содержит ароматические, алициклические, а также органические кислород- и серосодержащие соединения; практически не растворимые в органических растворителях (табл. 2.27).

Таблица 2.27.
Характеристика керогена различных видов горючих сланцев

Показатель	Кероген сапропелитовых сланцев	Кероген гумитосапропелитовых сланцев
Элементный состав, %		
углерод	75...78	60...70
водород	9...10	7...8
кислород	10	до 20
сера	1,5...1,7	8...11
Удельная теплота сгорания, МДж/кг	14,6...16,7	<14
Выход смолы полукоксования, %	≥50	30...35
Выход летучих веществ (в расчете на горючую массу), %	70...80	70...80

Известно, что биомасса занимает особое место в среде возобновляемых источников энергии. Мировые ресурсы ежегодно возобновляемой растительной биомассы энергетически в 25 раз превышают добычу нефти. В настоящее время сжигание растительной биомассы составляет примерно 10% от потребляемых энергоресурсов (~1 млрд. т у. т.). Использование биомассы в виде продуктов ее переработки (жидких, твердых топлив и др.), и в первую очередь отходов, которые скапливаются и разлагаются, загрязняя окружающую

среду в настоящее время имеет существенное значение для производства различных альтернативных моторных топлив, путем пиролиза, гидролиза, газификацией, гидрогенизацией и др. (рис.2.31).

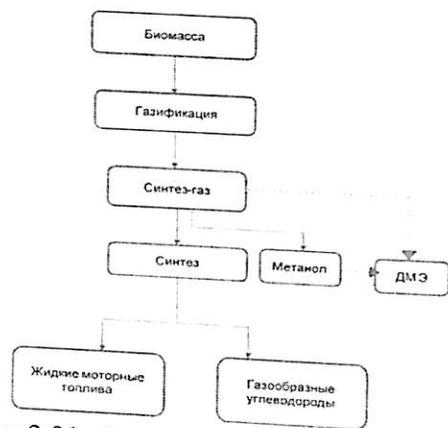


Рис.2.31. Схема переработки биомассы

Однако не все страны мира занимаются переработкой отходов (рис.2.32)

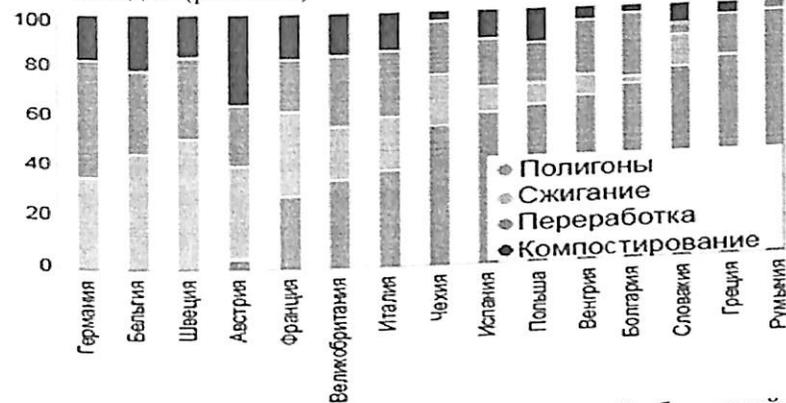


Рис.2.32. Диаграмма распределения технологий обращений с отходами

5. Системы питания альтернативных моторных топлив

В настоящее время основную часть рынка альтернативных моторных топлив составляет использование природного газа в качестве моторного топлива.

Однако необходимо отметить основные факторы, сдерживающие перевод техники на данный вид топлива:

- недостаточное количество автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), отсутствие объектов газозаправочной инфраструктуры сжиженным природным газом (КриоАЗС, бункеровочных баз, экипировочных пунктов железных дорог);

- ограниченная номенклатура производства газобаллонных автотранспортных средств и отсутствие серийного производства других видов транспортной, карьерной и сельскохозяйственной техники, использующей природный газ в качестве моторного топлива;

- ограниченные возможности перевода существующего парка транспортных средств на газовое топливо из-за конструктивных

особенностей, значительного износа транспортных средств и по другим причинам;

- высокая стоимость зарубежной газобаллонной техники;
- недостаточное развитие сети сервисных центров по обслуживанию газобаллонных транспортных средств;
- низкая заинтересованность предприятий в переводе транспорта на газовое топливо из-за более высокой покупной цены газобаллонной техники и необходимости выделения средств на модернизацию производственной базы и подготовку персонала для эксплуатации транспортных средств на СПГ или СНГ;
- недостаточность систем льгот;
- ограничения существующей нормативно-правовой базы, сдерживающие развитие газозаправочной инфраструктуры;
- низкая информированность о возможностях и преимуществах природного газа в качестве моторного топлива.

При этом важно разработка и реализация различных программ по развитию использованию СПГ, СжПГ и СНГ в качестве моторного топлива и снижение негативного влияния транспорта на окружающую среду, которые могут решать следующие задачи:

- стимулирование развития инфраструктуры по использованию СПГ, СжПГ, СНГ в качестве моторного топлива;
 - стимулирование перехода транспортных средств и техники специального назначения на потребление природного газа в качестве моторного топлива;
 - синхронизированное развитие парка газобаллонных моторных транспортных средств, мощностей по производству газовых топлив, газотранспортной и сервисной инфраструктуры;
 - совершенствование нормативно-правового регулирования в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива;
 - научное сопровождение и информационная поддержка процесса расширения использования природного газа в качестве моторного топлива.
- В настоящее время наиболее развитыми и перспективными системами питания для альтернативных топлив являются газовая или газобаллонная аппаратура (газобаллонное оборудование).

Международная Ассоциация по использованию природного газа как моторного топлива (LANGV), работающая как международный координирующий орган по распространению знаний, информации, технологий и новых разработок на основании полученных данных показала преимущества использования природного газа.

Причем подбираемая конструкция ГБО, как правило, в основном зависит от того, какая преследуется цель при использовании газового топлива в конкретном случае. Например, в США природный газ выдвигается на передний план, как средство снижения токсичности ОГ двигателей автотранспорта. Поэтому на данное топливо двигатели переводятся в процессе работы и в этом же случае автоматически отпадают такие проблемы, как пуск двигателя на газе, мощность двигателя и прочие. Поэтому происходит упрощенный подход к конструкции некоторых агрегатов, узлов ГБО.

Другие страны, в том числе и Узбекистан, природный газ считают основным топливом в процессе эксплуатации различных транспортных средств.

Прежде всего, следует сформулировать требования к конструкции ГБО, что необходимо для обеспечения таких показателей газового двигателя как высокая мощность, топливная экономичность, низкая токсичность ОГ, устойчивость работы двигателя при частоте вращения коленчатого вала от холостого хода до номинального режима, надежность, легкий пуск и др.

Это достигается:

- точным, стабильным дозированием топлива и закономерным изменением его количества в соответствии с изменениями режима работы двигателя;
- стабильными регулировочными параметрами конструкции;
- равномерным перемешиванием топлива с воздухом;
- соответственным гидродинамическим состоянием горючей смеси;
- наибольшим наполнением цилиндров;
- предпусковой подготовкой;
- выбором соответствующих показателей систем зажигания;

- решением вопросов безопасной эксплуатации;
- применением нейтрализующих систем токсичных компонентов топлива и ОГ.

В последние годы системы питания для СНГ и СПГ по составу стали разделять на классы (поколения).

1 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ, СПГ), предназначенное для использования в карбюраторных и инжекторных бензиновых автомобилях без катализатора. Данное поколение имеет два вида вакуумное (для карбюраторных автомобилей без катализатора) и электронное (для карбюраторных и инжекторных автомобилях без катализатора).

2 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ, СПГ), предназначенное для использования в инжекторных автомобилях с каталитическими нейтрализаторами, состоящее из электронного оборудования I-го поколения и электро-механической системы контроля подачи и регулировки потока газа (Лямбда контроль), для достижения точного состава топливно-воздушной смеси, которая необходима для (корректной) правильной работы нейтрализатора.

3 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ, СПГ), предназначенное для использования в автомобилях с экологическими требованиями не выше Евро 2. Газ в таких системах подаётся (впрыскивается под давлением 0,3 МПа) во впускной коллектор в непосредственной близости к впускному клапану каждого цилиндра. Между газовым редуктором который, подаёт избыточное давление и штуцерами-клапанами установленными во впускном коллекторе, находится электронно-механический шаговый дозатор - распределитель, который обеспечивает правильную дозировку потока газа во впускной коллектор. Управление переключением режимов и поддержанием правильной подачи газо-воздушной смеси занимается электронный блок управления (ЭБУ) на который поступают необходимые сигналы со штатных датчиков двигателя (TPS, Лямбда-зонд, MAP, RPM).

4 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ, СПГ), предназначенное для использования в любых инжекторных автомобилях и совместимы с экологическими требованиями Евро 3, а так же системами бортовой диагностики OBD II и EOBD. Данная система питания (фазированный распределённый впрыск) использует вычислительные мощности и топливные карты заложенные в

штатный ЭБУ автомобиля и при работе вносят необходимые корректировки для адаптации газовой системы к бензиновой топливной карте. Газ впрыскивается через электромагнитные форсунки, установленные рядом с бензиновыми инжекторами и данное поколение имеет функцию автоматического перехода с газового топлива на бензиновое по окончании бензина или при невозможности использования газа на некоторых мощностных режимах. Производители AGC-AUTRONIC-Zenit, PRINS, КМЕ-АКМЕ-Diego, OMWL-DREAM XXI, AC-STAG 200-300 и другие.

5 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ), предназначенное для использования в любых инжекторных автомобилях и совместимы с экологическими требованиями Евро 3, Евро 4 а так же системами бортовой диагностики OBD II, OBD III и EOBD. Данная система позволяет выполнить жидкий фазированный распределённый впрыск СНГ во впускной трубопровод инжекторами, соединенными с рампой и насосом, установленным в газовом баллоне. Данное поколение используют вычислительные мощности и топливные карты заложенные в штатный ЭБУ и вносят необходимые корректировки для адаптации газовой системы к бензиновой топливной карте. Производители: VIALE, ICOM.

6 ПОКОЛЕНИЕ (СНГ) является современным газобаллонным оборудованием, отличающийся от ГБО 5 поколения в том, что впрыск жидкого газа происходит через штатные бензиновые форсунки.

5.1. Системы питания сжиженного нефтяного газа

Современные системы топливоподачи поршневых газовых двигателей, состоящие из различных взаимосвязанных и взаимообусловленных функциональных узлов (рис.2.33) могут быть разделены на различные классы:

- по количеству заменяемого основного топлива в системе топливоподачи;
- по способу дозировки;
- по величине давления подаваемого газового топлива;
- по наименованию и месту отбора управляющего сигнала;
- по конструкции агрегата снижения давления газа;

- по конструкции системы заправки, хранения и транспортировки газа;
- по конструкции и месторасположению подогревающих устройств газового потока высокого давления;
- по способу воспламенения газо-воздушной смеси;
- по способу изменения показателей рабочего процесса;
- по агрегатному состоянию используемых газов;
- по конструкции и месторасположению смесительных устройств.

Естественно каждый из этих классов в свою очередь делится на подклассы, которые в свою очередь также могут быть разбиты на отдельные группы и подгруппы.

Например, системы впрыска газообразного топлива в двигатели могут быть классифицированы следующим образом:

- по месту подачи топлива:
 - непосредственный впрыск в цилиндр (direct injection);
 - впрыск во впускной тракт (port injection).
 - по способу подачи топлива:
 - с циклической подачей (timed injection);
 - непрерывного впрыска (continuous injection).
 - по типу узлов, дозирующих топливо:
 - с электромагнитными форсунками;
 - с регулятором давления топлива.
 - по принципу регулирования состава смеси:
 - часовому расходу воздуха;
 - часовому расходу воздуха и частоте вращения коленчатого вала двигателя;
 - углу открытия заслонки и частоте вращения коленчатого вала двигателя;
 - разрежению во впускной системе двигателя;
 - разрежению во впускной системе и частоте вращения коленчатого вала двигателя;
 - составу отработавших газов.
- Газовую топливную аппаратуру можно устанавливать на любой модели легковых автомобилей отечественного или иностранного производства, с карбюраторным или инжекторным двигателем, если конструкция позволяет разместить в багажнике цилиндрический или тороидальный баллон с газом.

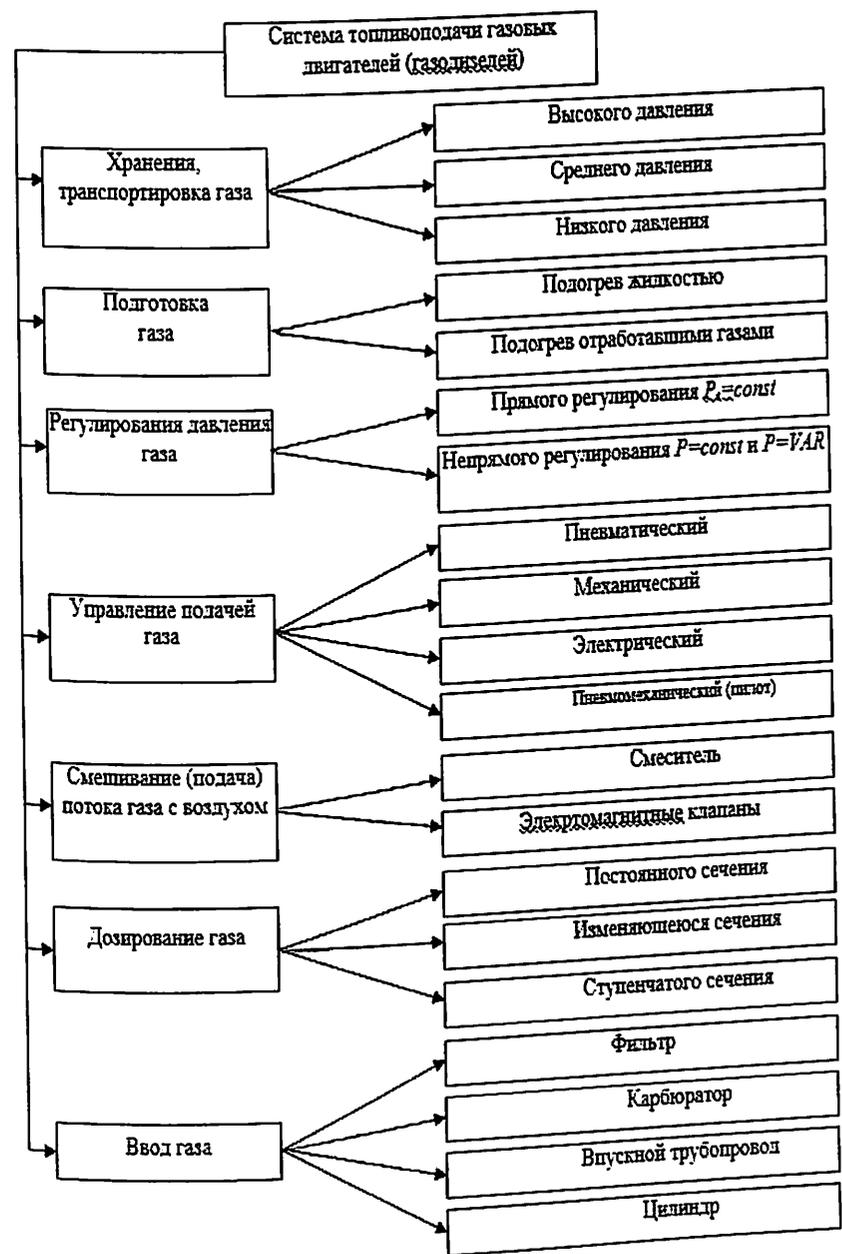


Рис. 2.33. Функциональные системы ГБО

Газобаллонное оборудование для однопаливных систем питания

Газобаллонное оборудование однопаливной системы питания фирмы «Катакура Чиккарин» и «Импко карбюрейшн» (рис. 2.34 и 2.35) состоит из баллона для сжиженного газа, на котором установлены заправочный вентиль, обратный клапан паровой линии, расходные вентили для паровой и жидкостной фаз газа со встроенными скоростными клапанами, контрольный вентиль максимального наполнения баллона, предохранительный клапан, указатель уровня газа,

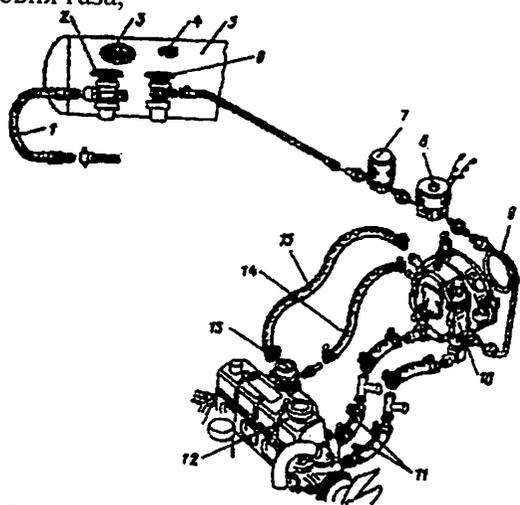


Рис. 2.34. Принципиальная схема универсальной системы питания фирмы «Катакура Чиккарин»:

1-заправочный трубопровод; 2-заправочный вентиль баллона предохранительным клапаном; 3-указатель уровня газа с температурным корректором; 4-указатель уровня максимального наполнения (для визуального наблюдения); 5-баллов для газа; 6-расходный вентиль (для жидкости) со скоростным клапаном; 7-фильтр для гала; 8-электромагнитный клапан; 9-металлический трубопровод; 10-двухступенчатый редуктор-испаритель; 11-трубопроводы для подвода и отвода теплоносителя к испарителю газа; 12-двигатель; 13-смеситель газа; 14-трубопровод вакуумной

линии; 16-трубопровод для подвода газа к смесительному устройству. А также вакуумного включателя, двухкамерного газового смесителя, соединительных газопроводов, выполненных из газонепроницаемых наконечников разборной конструкции.

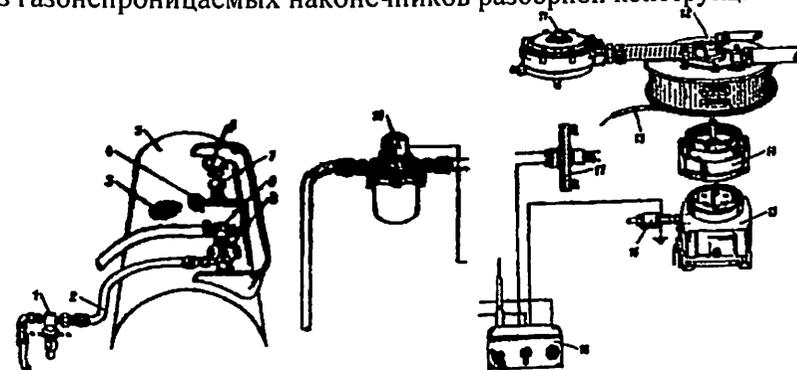


Рис. 2.35. Принципиальная схема универсальной системы питания фирмы «Импко карбюрейшн»: 1-магистральный предохранительный клапан; 2 - трубопровод высокого давления; 3-указатель уровня газа; 4 - контрольный вентиль максимального наполнения баллона; 8-баллон; 6-заправочный вентиль; 7-клапан паровой линии обратный; 8-предохранительный клапан; 9-расходный вентиль для жидкости; 10-электромагнитный клапан-фильтр; 11-двухступенчатый редуктор-испаритель; 12-диафрагменное газоподводящее устройство в сборе с воздушным фильтром; 13-дистанционный привод для отключения подачи газа; 14-адаптер; 15-карбюратор; 16-электромагнитный клапан для бензина; 17-электровакуумный включатель; 18- блок управления).

В системе питания предусмотрены два предохранительных устройства, одно на которых установлено на баллоне и предназначено для Предотвращения его разрушения при превышении расчетной величины давления, другое - в газовой магистрали между баллоном к вакуумным включателем-фильтром газа. При закрытом вентиле баллона и перекрытом вакуумном включателе образуется замкнутый объем, в котором давление может резко повыситься в результате испарения газа. Заправочный вентиль баллона снабжен обратными клапанами, расположенными с внут-

ренной стороны корпуса. Расходные вентили для жидкости и пара имеют торцевые уплотнения, выполненные из полимерной вставки. Уплотнение штока вентиля производится резиновыми кольцами. С внутренней стороны расходных вентилях установлены скоростные клапаны, которые при обрыве трубопровода обеспечивают его перекрытие.

Предохранительный клапан баллона пружинного типа рассчитан на максимальный выход газа 18 м^3 и регулируется на избыточное давление открытия $1,62 \text{ МПа}$.

Выходной штуцер контрольного вентиля максимального наполнения и выходное отверстие предохранительного клапана соединяются прозрачной полихлорвиниловой трубкой для отвода газа на «свечу» или в колесную нишу автомобиля.

На баллоне установлен указатель уровня газа поплавкового типа с магнитной связью. Плавкий поплавок изготовлен из алюминиевого сплава и снабжен противовесом. Передача усилия от поплавка к вращающемуся штоку осуществляется с помощью пары конических шестерен. Вращающийся шток на втором конце имеет неподвижно закрепленный магнит. При перемещении магнита стрелка указателя уровня отклоняется на определенный угол. Нижний и верхний пределы шкалы указателя соответствуют 5 и 95 % объема газа в баллоне. Цена давления шкалы 5%. Указатель уровня газа имеет температурный корректор, выполненный в виде специальной компенсационной шкалы.

Вакуумный включатель-фильтр мод. VFF-30 (рис. 2.36) применяется для автоматического перекрытия газовой магистрали при остановке двигателя, а также для очистки газа от механических примесей. Тип включателя диафрагменный. Минимальное разрежение, при котором открывается клапан, составляет 20 мм вод. ст.

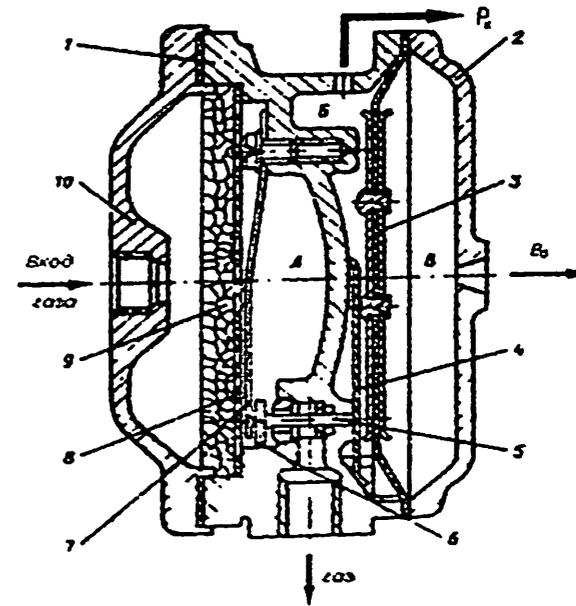


Рис. 2.36. Вакуумный включатель-фильтр мод. VFF—30; 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - диафрагма; 4 - нажимной рычаг; 5 - шток клапана; 6 - тарельчатый клапан; 7 - пластинчатая пружина; 8 - металлическая сетка; 9 - пластинчатый фетровый фильтр; 10 - крышка

Вакуумный включатель-фильтр данной модели предназначен для двигателей мощностью до 240 кВт .

Принцип действия вакуумного включателя-фильтра следующий. Газ в жидком виде проходит через отверстие в крышке пластинчатый фетровый фильтр. Фильтрующий элемент устанавливается на металлическую сетку с отверстиями диаметром 5 мм , которая предохраняет его от перемещений и деформации. Газ, пройдя через фильтрующий элемент, заполняет полость А между корпусом и крышкой. Выходное отверстие полости А перекрывается пластинчатым клапаном. При неработающем двигателе (отсутствии разрежения во впускном трубопроводе) клапан прижимается к седлу пластинчатой пружины (один конец которой крепится к корпусу) и силой от давления газа на клапан.

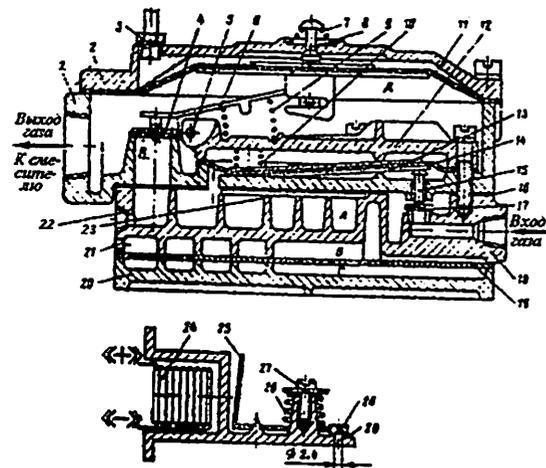


Рис. 2.37. Двухступенчатый редуктор-испаритель с пусковым устройством фирмы «Импко карбюрейшн» серии ЕР:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – штуцер для соединения с впускным трубопроводом двигателя; 4 – клапан второй ступени; 5 – ось рычага клапана второй ступени; 6 – рычаг клапана второй ступени; 7 – коническая пружина; 8 – устройство для принудительного открытия клапана второй ступени; 9 – пружина рычага клапана второй ступени; 10 – пружина рычага первой ступени; 11 – диафрагма второй ступени; 12 – крышка диафрагма первой ступени; 13 – рычаг; 14 – диафрагма первой ступени; 15 – шток; 16 – прокладка; 17 – пластинчатый клапан; 18 – корпус испарителя; 19 – предохранительная диафрагма; 20 – крышка испарителя; 21 – заглушка полости теплоносителя; 22 – заглушка полости первой ступени редуктора; 23 – теплоизолирующая прокладка; 24 – электромагнитная катушка; 25 – пластинчатый рычаг клапана; 26 – коническая пружина; 27 – регулировочный винт; 28 – клапан-уплотнитель; 29 – седло клапана с калиброванным отверстием

А – полость испарительной камеры для газа; Б – полость испарительной камеры; В – полость под клапаном второй ступени; Г – расширительная полость; Д – полость второй ступени.

При работающем двигателе разрежение из впускного трубопровода передается по соединительному каналу в полость Б между диафрагмой и корпусом включателя. Полость В, образо-

ванная крышкой включателя и диафрагмой, сообщается с атмосферой через специальное отверстие. При прокрутке двигателя во впускном трубопроводе создается разрежение, передаваемое в полость Б. Диафрагма прогибается и воздействует металлическим диском на нажимной рычаг, который вызывает перемещение штока, открытие клапана и поступление газа к редуктору-испарителю.

Обе ступени редуцирования давления газа и испаритель выполнены в одном блоке (серии ЕР, рис. 2.37). Редукторы-испарители данной серии выпускаются в двух вариантах: с избыточным давлением газа на выходе (тип О) и с разрежением на выходе (тип В). Различные выходы давления обеспечиваются установкой во второй ступени пружин различной жесткости (внешне различаются по цвету окраски).

Первая ступень редуктора размещена в корпусе испарительной камеры. Для увеличения поверхности, теплообмена внутренние стенки камеры первой ступени редуктора имеют ребра. Клапан первой ступени представляет собой стальную пружинную пластину.

Для облегчения пуска двигателей в редукторе предусмотрено специальное устройство, обеспечивающее подачу газа в смеситель из испарителя, минуя вторую ступень.

Пусковое устройство, расположенное в корпусе редуктора второй ступени, состоит из пластинчатого рычага 25, клапан-уплотнителя 28, конической пружины 26, регулировочного винта 27, седла клапана, 29 с калиброванным отверстием диаметром 2,4 мм, электромагнитной катушки 24. Электромагнитная катушка установлена на наружной стороне редуктора.

Редуктор-испаритель имеет и механическое пусковое устройство, предназначенное для первоначального заполнения в холодное время года системы питания двигателя газом.

Привод клапана 16 первой ступени осуществляется через шток 15, который входит в полость второй ступени редуктора. На шток воздействует рычаг 13 специального профиля, связанный с мембраной. Снизу на мембрану действует давление газа из первой ступени редуктора; полость под мембраной сообщается со второй ступенью редуктора.

Принцип работы редуктора-испарителя следующий. Газ в жидком виде проходит через корпус испарителя и поступает к пластинчатому клапану 16 первой ступени. От клапана первой ступени газ поступает в полость А, которая сообщается с полостью В. Под действием давления газа диафрагма 14 перемещается, сжимая пружины 10. При этом шток перемещается, открывая клапан 16. Давления газа после первой ступени редуцирования составляет 0,015 МПа.

Из первой ступени газ направляется в испарительное устройство, в котором окончательно переходит в парообразное состояние и поступает к клапану второй ступени, закрепленному на рычаге 6. Рычаг клапана прижимается к седлу пружины 9; свободный конец рычага соединяется с диафрагмой 11 второй ступени. При повышении расчетной величины давления газа в полости второй ступени диафрагма вместе с рычагом поднимается, и клапан 4 второй ступени закрывается. В зависимости от жесткости пружины 9, устанавливаемой под рычаг клапана второй ступени, изменяется выходное давление газа.

Одной из особенностей систем питания с аппаратурой фирмы «Импко карбюрейшн» является автоматическая корректировка подачи газа в зависимости от сопротивления воздушного фильтра. Достигается это наличием в верхней крышке редуктора специального штуцера 3, с помощью которого соединяется полость Д над диафрагмой второй ступени с входной полостью газового смесителя. При загрязнении воздушного фильтра и увеличения его сопротивления разрежение во входной полости смесителя возрастает, вызывая соответствующее изменение разрежения над диафрагмой второй ступени редуктора, что приводит к уменьшению степени открытия клапана и снижению расхода газа. Данное устройство обеспечивает повышение топливной экономичности газобаллонных автомобилей.

В конструкции редуктора-испарителя фирмы «Импко карбюрейшн» предусмотрено специальное устройство для предотвращения его разрушения при замерзании жидкости в теплообменном устройстве испарителя.

Достигается это установкой предохранительной диафрагмы 19 между полостями испарителя и крышки 20, которая при замерзании жидкости в камере теплоносителя прогибается в

сторону крышки, чем обеспечивается увеличение объема камеры теплообменного устройства испарителя.

В редукторах-испарителях серии ЕВ не предусмотрены органы для регулировки выходного давления.

Газовый смеситель «Импко карбюрейшн» мод. САГ – 225, по данным фирмы, предназначен для установки на двигатели мощностью до 170 кВт. Присоединительный фланец съемный. В зависимости от конструкции присоединительного фланца впускного трубопровода двигателя фирма поставляет различные их варианты.

Газовый смеситель представляет собой бездиффузорное дозирующе-смесительное устройства диафрагменного типа. Он работает по принципу постоянного разрежения. Дозировка подачи топлива осуществляется подвижным клапаном специального профиля с вакуумным управлением, выполненным из полимерного магернала.

На рис.2.38, показана схема смесителя. Работа его протекает следующим образом. При неработающем двигателе клапан смесителя, объединяющий дозирующие воздушный и газовый клапаны закрыт. При пуске двигателя разрежение из впускного трубопровода двигателя передается по четырем калиброванным отверстиям диаметром 1,75 мм в полость Б над диафрагмой, вызывая ее перемещение и сжатие пружины. Дозирующий клапан, связанный с диафрагмой, открывается на некоторую величину. Газ из полости 8 поступает в полость А, где смешивается с воздухом, поступающим в смеситель через шели, образованные между корпусом смесителя и сегментом.

В момент открытия дроссельной заслонки смесителя происходит кратковременное изменение разрежения в полости А под диафрагмой, перемещение диафрагмы с дозирующим клапаном, увеличение открытия воздушного и газового каналов. Это продолжается до момента выравнивания давлений над и под мембраной (принцип постоянного разрежения).

При резком изменении открытия дроссельной заслонки диафрагма быстро перемещается и часть воздуха из полости Б выходит в атмосферу через отверстия диафрагмы. В результате этого уменьшается время инерционного торможения подачи газа.

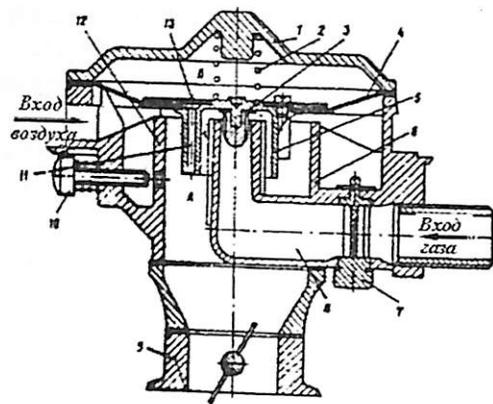


Рис. 2.38. Газовый смеситель мод. CAG – 225 фирмы «Импко карбюрейшн»:

1 – крышка смесителя; 2 – пружина; 3 – клапан-уплотнитель; 4 – диафрагма; 5 – сегмент; 6 – входная полость для воздуха; 7 – шиберное устройство; 8 – входная полость для газа; 9 – корпус дроссельных заслонок; 10 – регулировочный винт холостого хода; 11 – соединительные каналы полостей А и Б; 12 – корпус смесителя; 13 – калиброванные отверстия соединенных каналов.

При плавном открытии дроссельной заслонки и работе двигателя на установившихся режимах атмосферное давление прижимает диафрагму к диску, и четыре отверстия диафрагмы плотно закрываются. Состав газовой смеси при заданном профиле газового клапана определяется размерами воздушного и газового каналов проточной части смесителя. Постоянная скорость воздушного потока в дозирующей камере, одинаковое агрегатное состояние топлива и воздуха обеспечивают хорошее смешение на всех режимах работы двигателя. Для изменения подачи газа в соответствии с литражом двигателя на входном патрубке смесителя имеется регулировочное устройство, выполненное в виде шибера. Поворотам шибера подбирается проходное сечение газового канала, обеспечивающее подачу необходимого количества газа.

Регулирование качества газовой смеси на режиме холостого хода осуществляется винтом, установленным в корпусе смесителя. При вывертывании винта увеличивается сечение ка-

нала, соединяющего пространство под диафрагмой смесителя с атмосферой, что приводит к уменьшению разрежения в полости А и над диафрагмой. Пружина перемещает диафрагму с шайбой, уменьшая выход газа из полости 8.

Положительные особенности газобаллонного оборудования фирмы «Импко карбюрейшн»: вакуумный включатель-фильтр является оригинальным узлом, повышающим безопасность эксплуатации газобаллонных автомобилей; большое проходное сечение клапана второй ступени газового редуктора, что позволяет снизить давление газа после первой ступени до 0,01 МПа; наличие редуктора специального электромагнитного пускового устройства, обеспечивающего подачу газа в смеситель под давлением, минуя вторую ступень; наличие специального устройства для предотвращения разрушения корпуса испарителя при замерзании теплоносителя; возможность изменения давления газа на выходе из второй ступени редуктора заменой пружины; в газовом смесителе применен оригинальный принцип дозирования подачи газа и смешения, смеситель представляет собой бездиффузорный прибор диафрагменного типа, работающий по принципу постоянного разрежения. Для предотвращения выхода газа в подкапотное пространство автомобиля имеется запорное устройство с вакуумным управлением; газопроводы разборной конструкции, изготовляются из газонепроницаемого рукава с металлической оплеткой и матерчатой оболочкой. Для предотвращения их разрушения в зоне замкнутого объема (между расходным вентилем баллона и вакуумным включателем-фильтром) установлен предохранительный клапан.

Недостатками газобаллонного оборудования фирмы «Импко-карбюрейшн» являются: отсутствия в заправочном вентиле баллона устройства для механического воздействия на клапан, что затрудняет обеспечение его герметичного закрытия при перекосах, заедании обратного клапана, попадании механических частиц; надежная работа и стабильность показателей газового смесителя и редуктора-испарителя требуют высокого уровня технологии производства и высокого качества резинотехнических изделий.

Газобаллонное оборудование для двухтопливных систем питания фирмы «Импко карбюрейшн». Отличительными особенностями данной системы от однотопливных систем являются применение в место вакуумного включателя-фильтра электромагнитного клапана, конструктивно объединенного с фильтром; сохранение базового карбюратора для работы двигателя на бензине и установка на нем адаптера, к которому крепится смеситель с воздушным фильтром. На автомобиль дополнительно устанавливают электромагнитный клапан для бензина, электровакуумный включатель и электрический коммутатор. В конструкции электромагнитного клапана (рис.2.39) имеется сервоусилительное устройство, благодаря чему обеспечивается значительное снижение габаритов и массы катушки, а также снижение величины потребляемого тока.

Перед поступлением к клапану сжиженный газ проходит через фильтрующий элемент. После фильтрующего элемента газ поступает в полость Б, которая соединяется с пространством над клапанами 4 и 5. Клапан 4 прижат к седлу давлением газа из полости Б. Клапан 5 прижат к седлу усилиями от давления газа и пружины.

При установке коммутатора в положение «Газ» ток подается на клемму электромагнита. Возникающая в катушке сила преодолевает усилия пружины и давления газа на малый сердечник 7 и обеспечивает открытие клапана 5. Газ поступает из полости Б через клапан 5 в полость В.

Клапан 4 открывается лишь после выравнивания давления газа в полостях Б и В. При этих условиях для открывания клапана 5 необходимо преодолеть усилия пружины и собственной массы большого сердечника 9.

Давление газа при открытом клапане 2 полностью уравновешено. Уплотнители клапанов 4 и 5 выполнены из маслостойкой резины. Сердечник 9 электромагнита выполнен составным, верхняя его часть изготовлена из магнитопроводящей стали, нижняя – из латуни. Уплотнение газового стыка между катушкой электромагнита и корпусом производится резиновым кольцом. Торцовое уплотнение фильтрующего элемента осуществляется кольцевыми выступами в стакане и в корпусе электромагнита.

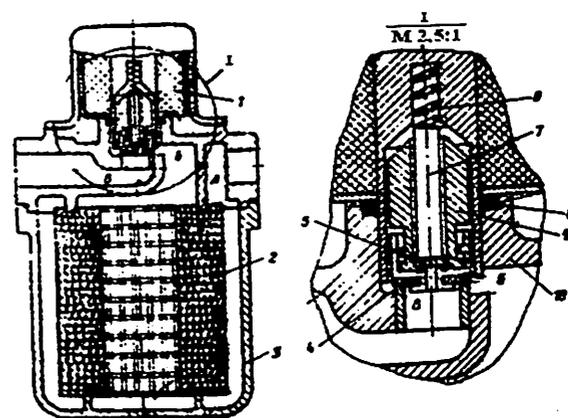


Рис. 2.39. Электромагнитный клапан-фильтр для газа фирмы «Импко карбюрейшн»:

1 – катушка; 2 – фильтрующий элемент; 3 – стакан-отстойник; 4 – основной клапан; 5 – клапан сервоусилителя; 6 – пружины; 7 – малый соленоид; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – большой соленоид; 10 – корпус.

Адаптер выполняет функции переходника от карбюратора к воздушному фильтру-смесителю. В зависимости от конструкции карбюратора, размеров подкапотного пространства моторного отсека фирма поставляет различные адаптеры.

На рис.2.40 показано смесительное устройство для универсальной системы питания газобаллонного автомобиля (мод. «Империал 300А» фирмы «Крайслер»). Принцип его работы следующий. Газ из второй ступени редуктора подводится по патрубку с внутренним диаметром 20 мм к клапану 14. В патрубке устанавливается шибберное устройство для ограничения общей подачи газа.

Воздух в проточную часть смесителя подводится через бумажный воздушный фильтр и камеру 4 к клапану 6. При работающем двигателе разрежение из впускного трубопровода передается через карбюратор и кольцевой зазор между диафрагмой и направляющей в вакуумную полость. Под действием образующегося перепада давлений диафрагма перемещается вверх, сжимает пружину 10 и открывает воздушный

6 и газовой 14 клапаны. Воздух и газ, проходя через фигурную насадку, смешиваются, образуя газозвоздушную смесь запланированного состава. Степень открытия воздушного и газового клапанов зависит от разрежения во впуском трубопроводе двигателя. Регулировка состава газозвоздушной смеси на режиме холостого хода двигателя производится винтом, изменяющим натяжение пружины 9 газового клапана.

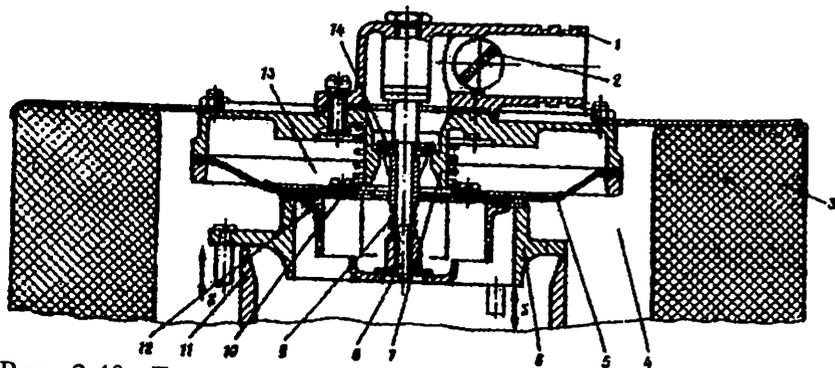


Рис. 2.40. Газосмесительное устройство для универсальной системы питания фирмы «Импко карбюрейшн»:

1 – патрубок; 2 – шиберное устройство; 3 – бумажный воздушный фильтр; 4 – воздушная камера; 5 – диафрагма; 6 – воздушный клапан; 7 – направляющая; 8 – регулировочный винт; 9, 10- пружины; 11- сегмент; 12 – фигурная насадка; 13 – вакуумная полость; 14 – газовый клапан.

Перевод двигателя с газообразного топлива на бензин осуществляется специальным устройством, включающим диафрагменный механизм. При работе двигателя на бензине воздух, пройдя воздушный фильтр, поступает в карбюратор через открытие сегменты окна. Открытие окон осуществляется тросом, соединенным с рычагом, управляемым из кабины водителя. При работе двигателя на газе подача бензина отключается с помощью электромагнитного клапана.

При установке электрического коммутатора в положение «Бензин» топливный насос подает бензин в поплавковую камеру карбюратора, подача сжиженного газа отключаются.

Электровакуумный включатель имеет две выходные клеммы: одна из них подсоединяется к электрическому коммутатору, другая – к клемме электромагнитного клапана-фильтра 10.

Электрический коммутатор устанавливают на панели приборов к кабине автомобиля. Он включает кнопочное устройство для включения пускового электромагнитного клапана, установленного в редукторе-испарителе, дистанционное устройство для выключения диафрагменного механизма газового смесителя.

Система отличается наличием в электромагнитном клапане сервоусилительного устройства, обеспечивающего существенное снижение габаритных размеров и массы электрической катушки, уменьшение величины потребляемого тока, и применением адаптера, позволяющего при работе двигателя на бензине отключать диафрагменный механизм смесителя, сохранять номинальные показатели двигателя и повысить срок службы карбюратора-смесителя.

5.2. Системы питание сжатого природного газа

Системы питание сжатого природного или сжиженного нефтяного газа состоят из несколько агрегатов и узлов, которые выполняют функции снижения давления потока газа, очистки его из посторонних элементов и тепловой подготовкой.

Газовые редукторы являются основным элементом газобаллонного оборудования СПГ или СНГ.

Газовые редукторы – агрегаты, предназначенные для подачи газа к газосмесительному устройству под давлением, близким к атмосферному (эжекторная система) или под среднем давлением к распределительной рампе (инжекторная система).

Редукторы с атмосферным давлением на выходе представляют собой автоматические регуляторы рычажно-мембранного типа, имеющие несколько ступеней (одно-, двух-, и трехступенчатые) редуцирования давления (рис.2.41, рис.2.42).

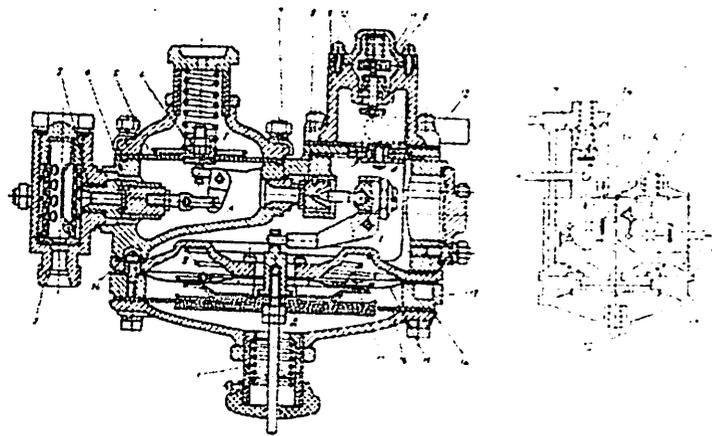


Рис. 2.41. Двухступенчатый газовый редуктор
1-пружина; 2-сетчатый фильтр; 3-седло; 4-клапан; 5-мембрана; 6-пружина; 7-седло; 8-клапан; 9-корпус; 10-пружина; 11-мембрана; 12-патрубка; 13-корпус; 14-крышка; 15,16-мембраны; 17-пружина

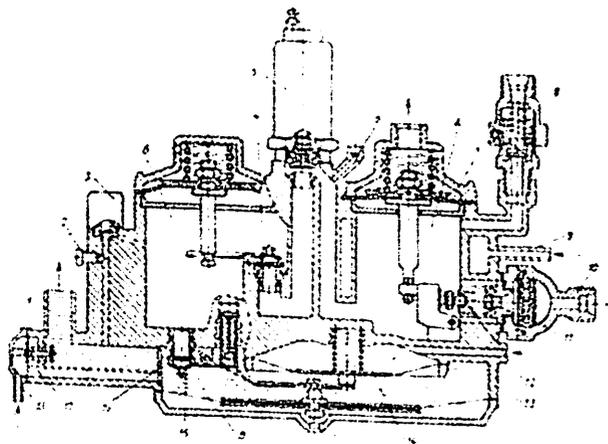


Рис.2.42. Трехступенчатый газовый редуктор –подогреватель
1, 6, 18-патрубки; 2-регулирующий винт; 3,5-электромагнитные клапана; 4,12,15-клапан с запирающим элементом; 7-мембрана; 8-предохранительный клапан; 9,10-штуцеры; 11-фильтрующий элемент; 13-корпус; 14-разгрузочное устройство; 16-дозировочная шайба; 17-канал экономайзера; А, Б, В-соответственно первая, вторая, третья ступени; Г-полость разгрузочного устройства.

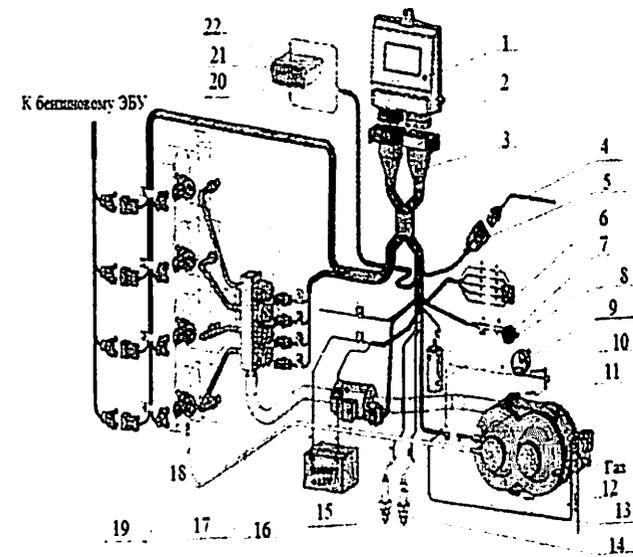


Рис.2.43. Принципиальная схема универсальной (бензин-газ) системы питания природного газа двигателя внутреннего сгорания

1- электронный блок управления; 2. - черный разъем; 3- серый разъем; 4- интерфейс бортового компьютера; 5- интерфейсный разъем; 6- выключатель; 7- зуммер; 8- катушка зажигания; 9- указатель давления; 10- датчик температуры; 11- клапан газа; 12- редуктор; 13- кислородный датчик 1; 14- кислородный датчик 2; 15- датчик карты Bosch; 16- газовый фильтр; 17- газовый инжектор; 18- впускной трубопровод; 19- бензиновый инжектор; 20 - L(штифт15); 21- OBD-II Интерфейс; 22- К(штифт7).

5.3. Системы питания сжиженного природного газа

Использование сжиженного природного газа (СжПГ) позволяет уменьшить объем газа, занимаемый в обычных условиях, почти в 600 раз, что позволяет, по сравнению со сжатием газа, уменьшить массу системы хранения газа на автомобиле в 3-4 раза, а объем в 1,5 – 3 раза. Например, для грузового автомобиля ЗИЛ, оборудованного одной емкостью (газовый баллон) объемом 300 л для СжПГ, пробег на одной заправке увеличивается в 1,8 раз, а суммарная масса оборудования и топлива уменьшается на

600 кг по сравнению с тем же автомобилем, работающим на СПГ. Грузоподъемность автомобиля при его переводе на СПГ и пробег на одной заправке практически одинаковые с характеристиками автомобиля, работающего на бензине.

Одной из особенностей системы питания сжиженного природного газа является элементы безопасной эксплуатации газовых баллонов, которые обеспечивают в процессе эксплуатации условия безопасной работы в случае неисправности контрольной аппаратуры или отключения энергетического источника. К ним относится устройство для сброса давления (дренажное устройство) или клапан, открывающийся и предохраняющий от повышения давления внутри емкости до недопустимых уровней, представляющих опасность.

Таблица 2.34

Сравнительные показатели системы питания грузового автомобиля, работающего на бензине, СПГ и СжПГ

Показатели	Единица измерения	Системы питания		
		Бензин	СПГ	СжПГ
Максимальное рабочее давление	МПа	0,03	20,0	0,5
Теплотворная способность топлива	кДж/л	31907	6775	21368
Объем топливной ёмкости (баллона) на 40000 кДж	л	1,3	6,2	1,95
Грузоподъемность автомобиля	кг	6000	5500	6000
Масса снаряженного автомобиля	кг	4300	4900	4450
Выбросы оксид углерода	кг/год	1200	400	400

5.4. Газовые баллоны сжиженного нефтяного газа

Газовые баллоны сжиженного нефтяного (рис.) газа по конструкции разделяются на два типа тороидальный баллон (с внутренней горловиной или с внешней горловиной) и цилиндрический баллон (одиночные и спаренные). Важным элементом газового баллона СНГ является мультиклапан (блок арматуры), устанавливаемый на его горловину и являющийся запорным устройством.

Современные мультиклапаны (класс А и Евро) оснащены встроенным скоростным клапаном, обратным клапаном, двумя запорными вентилями, указателем уровня топлива, дополнительным электромагнитным клапаном, перекрывающий подачу газа от баллона при выключении зажигания.

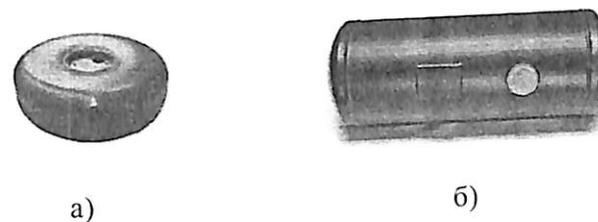


Рис. 2.34. Газовые баллоны сжиженного нефтяного газа тороидальные (а) и цилиндрические (б)

Основные параметры газовых баллонов СНГ приведены в таблицах 2.35 и 2.36

Таблица 2.35.

Параметры цилиндрических газовых баллонов СНГ

Наименование	Объем, л	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
БАЗ-30	30	300	490	15,0
БАЗ-40	40		636	18,0
БАЗ-45	45		710	19,5
БАЗ-50	50		784	21,0
БАЗ-60	60		860	25,0
БАЗ-65	65		1002	26,5
БАЗ-96	96	315	1300	26,5
БАЗ-51	49	360	560	19,5
БАЗ-55	55		638	22,0
БАЗ-80	80		897	30,0
БАЗ-90	90		1002	33,0
БАЗ-103	100		1138	37,0
БАЗ-135	135		1500	40,8
БАЗ-95	95		850	31,2
БАЗ-100	100	400	900	33,0
БАЗ-130	130		1172	41,9
БАЗ-175	175		1500	42,9
БАЗ-130	130		750	43,0
БАЗ-160	160	500	926	52,8
БАЗ-210	210		1186	66,6

Таблица 2.36.

Параметры тороидальных газовых баллонов СНГ

Наименование	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса, кг	Горловина
ТОР 42	600	200	22,0	внутр/внешн
ТОР 47		220	23,5	внутр/внешн
ТОР 46	630	200	23,0	внутр/внешн
ТОР 53		225	25,0	внутр/внешн
ТОР 60		250	27,0	внутр/внешн
ТОР 66		270	28,4	внутр/внешн
ТОР 50	650	200	29,0	внутр/внешн
ТОР 55		225	30,4	внутр/внешн
ТОР 65		250	32,6	внутр/внешн
ТОР 68		250	36,1	полнотельный
ТОР 70		270	34,4	внутр/внешн
ТОР 74		270	38,1	полнотельный

5.5. Газовые баллоны сжатого природного газа

Наиболее ответственным элементом газовой автомобильной аппаратуры, необходимой для перевода автотранспортных средств и сельхозтехники на сжатый природный газ, являются газовые баллоны высокого давления.

Основными требованиями, предъявляемыми к таким баллонам, являются:

- минимально возможная масса;
- высокая эксплуатационная надежность;
- увеличенный срок службы;
- сравнительно невысокая стоимость.

Газовый баллон — сосуд под избыточным внутренним давлением для хранения сжатых, сжиженных (превращающихся в жидкость при повышенном давлении) и растворенных под давлением газов.

Сварные газовые баллоны состоят из обечайки, днищ и горловины, бесшовные стальные баллоны состоят из цилиндрической части, днищ и горловины. К горловине баллонов крепятся различные устройства — фланцы, штуцеры, вентили. Толщина стенок определяется стандартом на изготовление. Для изготовления стальных бесшовных баллонов обычно используются бесшовные стальные трубы.

Основные межгосударственные стандарты для изготовления газовых баллонов — ГОСТ 15860, ГОСТ 949, ГОСТ 9731, ГОСТ 12247. Используются стали марок 34CrMo4, 30ХМА, 45, 30ХГСА. Кроме цилиндрических могут применяться баллоны высокого давления сферической и тороидальной форм.

В соответствии с ранее разработанным нормативным документам (Р 3112199-0307-88, раз.6) к газовым баллонам СПГ и СНГ предъявляются следующие требования:

– газовые баллоны должны вмещать запас СНГ или СПГ в количестве, необходимом для обеспечения запаса хода автомобиля (автобуса) при минимально возможной их массе и габаритных размерах;

– удельная металлоемкость баллонов для СПГ должна быть не более 0,85 - 0,95 кг/л с учетом оптимизации их запаса прочности;

– газовые баллоны и их арматура должны быть защищены от механических повреждений, атмосферных воздействий и коррозии;

– газовые баллоны для СНГ традиционной конструкции действующего производства должны быть изготовлены из легированной стали, обеспечивающей при соответствующей технологии их изготовления получение удовлетворительных технико-эксплуатационных показателей газобаллонных автомобилей;

– перспективные газовые баллоны для СПГ должны быть изготовлены из композитных или других высокопрочных легких материалов;

– газовые баллоны должны быть рассчитаны на работу при температуре окружающей среды от -45 °С до +60 °С;

– газовые баллоны должны иметь типоразмерные ряды.

– баллоны для СНГ и СПГ должны иметь различные типоразмеры: СПГ - от 20 л до 100 л, а для СНГ - от 50 л до 300 л;

– группа газовых баллонов для СПГ (для грузовых свыше 6 ед., а для легковых автомобилей свыше 2) должна быть разделена на секции, каждая из которых должна иметь отдельный запорный вентиль;

– газовые баллоны для СНГ и СПГ для однотипных автомобилей и автобусов должны быть унифицированы;

– газовые баллоны должны обеспечить безосколочность при их разрушениях, что должно гарантироваться заводом-изготовителем путем соответствующего выбора материала на их изготовление и технологии изготовления;

– газовые баллоны должны быть окрашены снаружи стойкой к атмосферному воздействию и горючесмазочным материалам краской красного цвета. Паспортные данные баллона после его окраски должны быть отчетливо видны.

На каждом баллоне для СПГ должны быть нанесены следующие данные:

- товарный знак или наименование завода-изготовителя;
- порядковый номер баллона;
- дата (месяц и год) изготовления и год следующего испытания, при этом указывается месяц и год последующего испытания;
- рабочее давление P и пробное гидравлическое давление P ;
- емкость баллона, л (с точностью $\pm 0,2$ л);
- масса баллона, кг (с точностью $\pm 0,2$ кг);
- клеймо ОТК завода-изготовителя;
- обозначение стандарта или ТУ на газовый баллон;
- дополнительное наваривание опорных или добавочных конструкций на баллонах запрещается;
- газовые баллоны на автомобиле и автобусе должны быть надежно закреплены и легкоъемными в эксплуатации;
- каждый баллон для СПГ должен быть подвергнут гидравлическому испытанию под давлением 30 МПа ($1,5 \cdot P_p$), а также пройти контроль массы баллона.

Современные автомобильные газовые баллоны СПГ в основном изготавливаются из марки стали 30CrMo и имеют внешний диаметр 325 мм, ёмкости 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 120 л, длина 670, 735, 800, 865, 925, 990, 1055, 1185, 1315, 1440, 1695 мм, масса 36, 39, 43, 46, 49, 52, 55, 61, 68, 74, 87 кг, толщина стенки 4,9 мм с рабочим давлением 20 МПа.

Каждый баллон для СНГ должен быть подвергнут гидравлическим испытаниям на прочность под давлением 2,4 МПа и пневматическим испытаниям при давлении 1,6 МПа. При гидравлических испытаниях баллона для СПГ должна определяться величина упругой и остаточной деформации.

Остаточная деформация не должна превышать 10% упругой. Газовые баллоны, у которых остаточная деформация превышает 10% величины упругой, должны быть выбракованы.

Газовые баллоны, подготовленные для отправки потребителю, должны быть предохранены от возможности внутреннего загрязнения путем установки полиэтиленовых или капроновых пробок.

Входное отверстие газовых баллонов для СПГ должно иметь коническую резьбу 27,8 согласно СТ СЭВ 2056-79.

Газовые баллоны для СНГ должны иметь единый унифицированный узел, включающий в себя запорно-предохранительную, наполнительную и контрольную аппаратуру.

Гидравлические и пневматические испытания газовых баллонов должны повторяться в установленные сроки и проводиться на специальных аккредитованных пунктах (центрах).

Металлические баллоны для СПГ (тип СНГ-1), находившиеся в эксплуатации до настоящего времени изготавливались по ГОСТ 949 из углеродистой или легированной стали. Они предназначены для хранения СПГ на борту автомобиля при температуре от -50 °С до $+60$ °С, при максимальном рабочем давлении 19,6 МПа. Баллоны имеют номинальную ёмкость - 50 л и изготавливались из стальных бесшовных труб. Последующие годы производимые газовые баллоны СНГ-1 имели самые различные ёмкости.

На наружной поверхности баллона в районе сферической части горловины указаны следующие паспортные данные:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- дата (месяц и год) изготовления (испытания) и год следующего испытания (8 – 20 - 23);
- номер баллона по системе нумераций предприятия-изготовителя;
- вид термообработки: N - нормализация, V - закалка с отпуском;
- рабочее давление (P) и пробное гидравлическое (P) в кгс/кв. см;
- объем баллона в литрах (V 50,0);
- масса баллона (M 91,2) в кг (фактическая с погрешностью $\pm 0,2$ кг)
- клеймо ОТК.

Объем баллона указывался номинальный. С 1996 года объем баллона указывался фактический с точностью $\pm 0,3$ л.

Баллоны окрашены снаружи масляной, эмалевой или нитрокраской в красный цвет. Паспортные данные после окраски должны быть отчетливо видны.

В 90-х годах многие компании разработали конструкции и освоили производство облегченных баллонов СПГ из композитных материалов.

Существуют конструкции следующих типов баллонов для СПГ:

-целнометаллический из углеродистой или легированной стали (CNG-1)

- металлокомпозитный баллон - металлический лайнер, армированный непрерывными волокнами, пропитанными смолой (кольцевая обмотка)- (CNG-2);

- цельнокомпозитный баллон - с несущим металлическим лайнером, армированный непрерывными волокнами, пропитанными смолой (полная обмотка)-(CNG-3);

- цельнокомпозитный баллон -неметаллический лайнер, армированный непрерывными волокнами, пропитанными смолой (полностью композиционный)-(CNG-4).

Основные описания автомобильных газовых баллонов приводятся на рис. 2.45.

Тип	Схема	Описание	Удельная масса, кг/д	Запас прочности
CNG-1		Цельно металлическая	1,0 - 0,8	2,25
CNG-2		Металло пластиковые	0,68 - 0,52	2,50-Стеклопластик 2,35-Углепластик
CNG-3		Металло пластиковые с лайнером	0,68 - 0,41	3,50-Стеклопластик 3,00-Органоластик 2,35-Углепластик
CNG-4		Композитные	0,44 - 0,33	3,65-Стеклопластик 3,10-Органоластик 2,35-Углепластик

Рис.2.45. Основные данные автомобильных газовых баллонов сжатого природного газа

Лейнер - это герметизирующая оболочка баллона, часто выполняющая роль силовой оболочки (корпуса) баллона. Чаще лайнер изготавливают из высокопрочной стали, но может быть выполнен и из композитного материала или алюминия.

Корпус лайнера на специальных станках обматывается несколькими слоями армирующего материала, представляющий собой нить из стеклянных, органических, углеродных и т.п. волокон. Если лайнер несущий, т.е. выполняющий роль корпуса баллона, применяют кольцевую (катушечную) намотку, а если лайнер не несущий, то применяют спирально-кольцевую (типа «кокон») намотку нитей.

Каждый слой нитей покрывается композитным материалом с компонентным составом по типу эпоксидной смолы.

Баллоны могут эксплуатироваться при температуре окружающего воздуха от -40 °С до $+60$ °С. Количество циклов нагружения не менее 15000. Коэффициент запаса прочности после проведения циклических испытаний не менее 2.6. Срок службы от 8 до 15 лет.

В настоящее время примерно 30 % мирового производства автомобильных газовых баллонов СПГ приходится на Аргентину и Пакистан, а далее Бразилия и Иран занимают ведущие места. В мире объем производства автомобильных газовых баллонов составил более 1 млн. ед.

В Узбекистане металлические газовые баллоны типа CNG-1 производятся ООО «MAXSUS METAL SANOAT» (г. Наманган), узбекско-корейским СП ООО «KO UNG CYLINDER», расположенной в свободной индустриальной экономической зоне (СИЭЗ) «Навои» и узбекско-китайским СП ООО «Shaffof metan sanoat», расположенной в свободной индустриальной экономической зоне (СИЭЗ) «Коканд».

В Узбекистане до принятия общего технического регламента о безопасности автотранспортных средств, работающих на сжатом природном, сжиженном нефтяном газе или на смеси дизельного и газообразного топлива в 2015 году использовались газовые баллоны СПГ-1 и СПГ-2.

В связи с тем, что в процессе эксплуатации СПГ-2 часто возникали нештатные ситуации, они были сняты с эксплуатации.

Поэтому в настоящее время эксплуатируется только газовые баллоны СПГ-1 и в соответствии с постановлением правительства Узбекистана в порядке исключения разрешено эксплуатация автобусов MAN F 22 CNG с газовым баллоном СПГ-3, производимые самаркандским заводом JV MAN Auto-Uzbekistan.

Срок службы СПГ-1, в течение которого эксплуатация баллонов является безопасной, должен быть установлен изготовителем на основании использования баллонов в условиях эксплуатации. Срок службы должен быть не более 20 лет. Для металлических баллонов и баллонов с металлическим лейнером срок службы должен определяться по развитию усталостных трещин при циклических испытаниях. Ультразвуковой или эквивалентный ему неразрушающий контроль каждого баллона и лейнера должен обеспечивать отсутствие дефектов, которые превышают максимальный допустимый размер.

5.6. Газовые баллоны сжиженного природного газа

Последние годы проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов и охраны окружающей среды заставили ученых, специалистов целенаправленно заняться вопросами применения СжПГ в качестве моторного топлива. В таблице 2.37 приводятся сравнительные показатели топливных систем для хранения и транспортировки газа в сжатом и сжиженном видах, а на рисунке 2.46 и в таблице 2.38 соответственно схема конструкции и технические показатели газового баллона СжПГ.

Таблица 2.37.

Сравнительные показатели системы питания СПГ и СжПГ грузового автомобиля

Показатели	Единица измерений	СПГ	СжПГ	Отношение СПГ/СжПГ
Масса заправленного газа	кг	75	75	1
Вместимость газового баллона	л	400	175	2,3
Рабочее давление	МПа	20	0,15	130

Количество газовых баллонов	шт	8	1	8
Объем, занимаемый газовыми баллонами	м ³	1,4	0,6	2,3
Масса газовых баллонов	кг	740	85	9
Удельная металлоемкость	кг массы/кг газа	10	1,15	9
Удельная стоимость топлива	у.е./кг	12	17	0.7

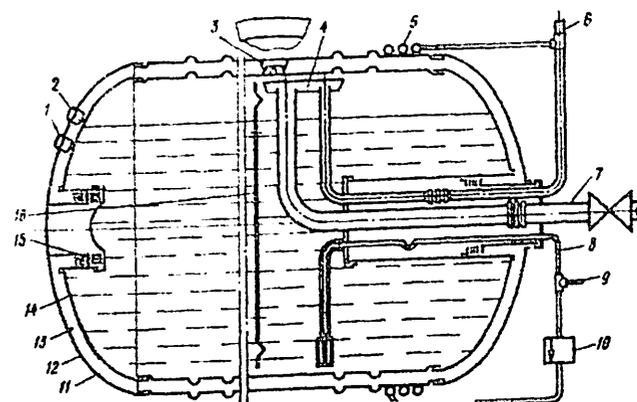


Рис.2.46. Схема конструкции газового баллона сжиженного природного газа

1 — штуцер подвода газа к разрывной мембране; 2 — штуцер вентиля откачки из вакуумной рубашки; 3 — тяга; 4 — защитный экран; 5 — испаритель системы наддува криогенного баллона; 6 — трубопровод подачи газа к ресиверу; 7 - трубопровод для заправки СжПГ; 8 — трубопровод отбора жидкой фазы; 9 — трубопровод подачи газа к двигателю; 10 — регулятор давления наддува; 11 — вакуумная рубашка; 12 — кожух; 13 — теплоизоляция; 14 — внутренний сосуд; 15 — опора; 16 — ограничитель осевых перемещений СжПГ

Таблица 2.38
Технические показатели газовых баллонов СЖПГ

	БКТ-100	БКТ-300	БКТ-300/1,0
Вместимость, л	110	325	325
Количество СПГ, заливаемого в бак, л (эквивалентный объём газа, м³)	100 (60)	290 (175)	290 (175)
Максимальное рабочее давление, МПа	0,5	0,5	1,0
Время бездренажного хранения, сутки (в интервале давлений от 0,15 до 0,5 МПа)	5	10	10
Габаритные размеры сосуда, мм (длина x ширина x высота)	1250x500x480	1910x610x610	1910x610x610
Масса порожнего сосуда, кг	92	145	159

5.7. Зарубежные производители газобаллонного оборудования природного и сжиженного нефтяного газов

В мире действуют следующие основные производители (таб.2.39) газового оборудования (подкапотного оборудования): Bedini, Bigas, BRC, O.M.V.L, Elplin, Emme Gas, Datas, KARGAS, Landi, Landi Hartog, Landi Renzo, Lovato, Marini, STARGAS, Stefanelli, Tartarini, Vialle, ZAVOLI, Voltranю.

Таблица 2.39.
Основные производители инжекторных газовых систем питания

№	Фирма производитель	Название газовой системы питания
1	AG Autogas systems	Sgi (Sequential Gas Injection)
2	Koltec-Necam	GSI (Gaseous Sequential Injection)
3	Vialle	LPI (Liquid Propane Injection)
4	BRC	Sequent
5	Stargas	Polaris
6	Bigas	Sequential Injection

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ И СТАЦИОНАРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

6. Транспортные энергетические установки, работающие на различных газообразных топливах

6.1. Автотранспортные средства на сжиженном нефтяном газе

Начиная с 50-х годов XX века в Узбекистане была начата опытная эксплуатация газобаллонных автомобилей (ГБА) на сжиженном нефтяном газе.

Первые научно-практические работы по использованию СНГ и СПГ в качестве моторного топлива в Узбекистане проводились под руководством профессора А.А.Муталибова на базе автопредприятий нефтегазовой отрасли Республики..

Начиная с 70-х годов же автомобильная промышленность начала выпускать газобаллонные легковые, грузовые автомобили и автобусы с универсальной (бензин-газ) системой питания. В этот же период Рязанский завод автомобильной аппаратуры освоил газобаллонное оборудование (ГБО) для СНГ, предназначенные для грузовых и легковых автомобилей. Несколько позже завод "Компрессор" (г. Санкт-Петербург), Новогрудский завод газовой аппаратуры (Республика Беларусь) и другие заводы по конверсии начали производить комплекты ГБО для переоборудования различных марок легковых и грузовых автомобилей.

В производственных объединениях ГАЗ, ЗИЛ, ЛАЗ, ЛиАЗ было организовано производство газобаллонных автомобилей ГАЗ-24-07 (на базе автомобиля ГАЗ-24), ГАЗ-53-07 (на базе автомобиля ГАЗ-53), ЗИЛ-138 или ЗИЛ-431810 (на базе автомобиле ЗИЛ-130 или ЗИЛ-431410), самосвал ЗИЛ-ММЗ-45023 (на базе самосвала ЗИЛ-495810), тягач ЗИЛ-441610 (на базе тягача ЗИЛ-13081), автобус ЛАЗ-695П (на базе автобуса ЛАЗ-695), автобус ЛиАЗ-677 Г (на базе автобуса ЛиАЗ 677)

Технические параметры произведенных грузовых автомобилей и автобусов приводятся в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1.

Технические параметры грузовых ГБА на СНГ

№	Параметр	Ед Измер.	ЗИЛ-431810 (бортовой)	ЗИЛ-441610 (тягач)	ЗИЛ-ММЗ-45023 (самосвал)	ГАЗ-53-07 (бортовой)
1	Грузоподъемность	кг	6000	14000	4500	4000
2	Полная масса	кг	10640	18485		7210
3	Максимальная скорость	км/ч	90	80	90	85
4	Объем заправляемого газа	л	225	117,4x2	117,4x2	170
5	Запас хода на газе	км	500	450	500	450
6	Контрольный расход топлива на 100 км при скорости 50 км/ч	л	45	57	44	24,7
7	Газовая система с резервной бензиновой системой	-	+	+	+	+
8	Номинальная мощность двигателя при $n=3200 \text{ мин.}^{-1}$	кВт	110	110	110	84,5
9	Степень сжатия	-	8	8	8	8,5
10	Максимальный крутящий момент	$\frac{\text{Нм}}{n}$	382,2/160-1800			284,2/2000

Таблица 3.2.

Технические параметры автобусов на СНГ

№	Параметр	Ед изм.	ЛАЗ-695 П	ЛиАЗ-677Г
1	Вместимость	пасс.	33	110
2	Полная масса	кг	7300	8400
3	Максимальная скорость	км/ч	80	70
4	Объем заправляемого газа	л	162	195
5	Запас хода	км	450	450
6	Контрольный расход топлива на 100км при скорости 50 км/ч	л	46,9	54,0
7	Степень сжатия	-	8	7,4
8	Максимальный крутящий момент при $n=1600...1800 \text{ мин.}^{-1}$	Нм	382,2 (газ)	441 (газ) 470 (бензин)

6.2. Автотранспортные средства на сжатом природном газе

ОАО КАМАЗ начиная с 90-х годов прошлого века начал производить транспортные средства с газодизельной и газовой системами питания на базе своей продукции.

В настоящее время ОАО КАМАЗ производит в основном грузовые автомобили, седельные тягачи, самосвалы, автобусы и спецтехнику с газовыми двигателями.

Наибольшее применение нашел газовый двигатель КАМАЗ-820.60-260, соответствующий экологическим требованиям Евро-4 (таб.3.1).

Таблица 3.1.

Технические параметры газового двигателя КАМАЗ-820.60-260

Тип	газовый с турбонаддувом, с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха
Максимальная полезная мощность при частоте вращения коленчатого вала, кВт (л.с.) / мин. ⁻¹	191 (260) / 2200
Максимальный крутящий момент при частоте вращения коленчатого вала, Нм (кгсм) / мин. ⁻¹	1078 (110) / 1300-1500
Расположение и число цилиндров	V-образное, 8
Рабочий объем, л	11,76
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	120/130
Степень сжатия	12
Топливо	сжатый природный газ

Самаркандский автомобильный завод SamAvto также производит транспортные средства (грузовые автомобили и автобусы) на базе газового двигателя ISUZU 4HF1 CNG.

Эксплуатация легковых и грузовых автомобилей и автобусов, работающих на сжатом природном газе с позиций современных экономических и экологических требований является самым доступным и реальным решением (таб.3.2).

Таблица 3.2.
Сравнительные технические параметры грузового автомобиля ISUZU

Показатели	Единица измерения	Двигатель	
		Дизель	Газовый
Категория транспортного средства	-	N2	
Колесная формула	-	4x2	
Модель	-	NQR 71 PL	NPR 82L
Полная масса	кг	8000	7 500
Грузоподъемность	кг	3755	3 550
Количество газовых баллонов	шт	-	2
Объем одного баллона	л	100	150
Модель двигателя	-	ISUZU 4HG1 четырёхтактный дизель с турбонаддувом	ISUZU 4HVI CNG четырёхтактный газовый с турбонаддувом
Количество и расположение цилиндров	-	4P	
Степень сжатия	-	19	12,5
Рабочий объём	см ³	4 554	4 570
Максимальная мощность вала	кВт(л.с.)/мин. -1	89(121)/3200	96(130)/3200
Максимальный крутящий момент	Нм/мин. ⁻¹	304/1800	353/1400
Экологический класс	-	Евро-2	Евро-4

Начиная с 80-х годов прошлого века благодаря государственной поддержке начала развиваться эксплуатация различных ГБА. В итоге, в настоящее время в Узбекистане, где имеется расширенная сеть магистральных газопроводов, открывающая благоприятную перспективу использования СПГ и СНГ в качестве

моторного топлива, создана определенная инфраструктура – достаточно разветвленная сеть АГНКС, передвижных и стационарных автозаправочных станций СНГ, пункты (центры) по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, система подготовки необходимых кадров. Освоены выпуск и ремонт отдельных элементов ГБО, имеется научно-исследовательская база, позволяющая проводить необходимые работы по выпуску новых конструкций ГБО в Республике и др.

За этот период в различных регионах Узбекистана стали эксплуатироваться ГБА разных типов, марок и модификаций.

Особенно следует отметить:

- грузовые газобаллонные автомобили ЗИЛ-431810, (ЗИЛ-138), ЗИЛ-431610 (ЗИЛ-138А), ЗИЛ-ММЗ-585ГБА, ГАЗ-33075 (ГАЗ-53-07), ГАЗ-33076 (ГАЗ-53-27) и их модификации;

- автобусы на СПГ ЛАЗ-695НГ и газодизельные Икарус-260, Икарус 280, КамАЗ-7409.10;

- легковые автомобили ГАЗ-3102.27.

Достаточно длительную и интенсивную эксплуатацию в городских условиях прошли газодизельные автобусы Икарус-260 и Икарус-280 (таб.3.3). Статистический анализ работы газодизельных автобусов Икарус-260 показал, что при заправке $\Delta P_{зап} = P_2 - P_1 \approx 15,0 \text{ МПа}$ их пробег составляет от 300 км (в городских условиях) до 450 км (вне города). При этом расход дизельного топлива составляет 55...60 литров, т.е. его расход составляет 30...35 % от расхода газообразного топлива.

Таблица 3.3

Эксплуатационные и технические показатели автобусов Икарус

№	Основные данные	Икарус-260	Икарус-280
1.	Контрольный расход топлива при 60 км/ч: в газодизельном режиме: – дизтоплива, л /100 км – сжатого газа, м ³ /100 км	8.6 20.0	8.4 22.6
2.	Линейный расход базового автобуса, л /100 км	44	48
3.	Запас хода при контрольном расходе в газодизельном режиме, км	350(450)	350(450)
4.	Количество газовых баллонов, ед	8	8

5.	Максимальная мощность при частоте вращения коленчатого вала 2100 мин ⁻¹ , л.с. (кВт) – в газодизельном режиме	192 (142)	220 (162)
6.	Максимальная крутящий момент – в газодизельном режиме, кгс-м (Н-м)	71 (696.8)	78 (765)
7.	Газовый редуктор высокого давления	Одноступенчатый диафрагменного типа расположен в отсеке двигателя	
8.	Газовый редуктор низкого давления	Двухступенчатый рычаж-но-диафрагменного типа с дозирующим экономайзер-ным устройством и очист-ным фильтром.	
9.	Газосмесительное устройство, газопровода	Смеситель-дозатор, вы-сокого давления, низкого давления. Стальные, ла-тунные, резиновые	
10.	Двигатель	Четырехтактный дизель приспособленный для ра-боты на сжатом газе и диз-топливе	

В Узбекистане АО “Тошшахартрансхизмат” эксплуатируются газобаллонные автобусы MAN A22 CNG, ISUZU SAZ NP37, ISUZU SAZ HC40 для осуществления пассажирских перевозок в г. Ташкенте (таб.3.4).

Таблица 2.4.
Подвижной состав АО “Тошшахартрансхизмат” (по состоянию на 1.01.2021г.)

№ а п	Количество эксплуатируемых городских автобусов		ГБА		Среднегодовой пробег автобусов, тыс.км		Среднегодовой расход топлива одним автобусом		
	Всего	в т.ч с ГБО	Марки	Кол-во	Дизель	ГБА	Дизель, тыс.л	ГБА, тыс.м ³	в т.ч. MAN, тыс.м ³
1	1181	217	ISUZU SAZ NP37, HC40	86	47747,7	10916,8	15897,5	6728,1	5569,2
			MAN A 22 CNG	131					

6.3. Автотранспортные средства на сжиженном природном газе

В процессе эксплуатации автотранспортных средств на сжиженном природном газе (СжПГ) также и на сжатом природном газе (СПГ) следует обратить внимание на вопросы пробега с одной заправкой и масса устанавливаемых газовых баллонов. Известно, что при сжижения природного газа его объём уменьшается практически в 600 раз и при одинаковом объеме СжПГ содержится в 3 раза больше чем в сжатом виде.

Автомобили, работающие на СжПГ практически отличаются от транспортных средств на СПГ только способом хранения (транспортировки) газа, т.е., вместо газовых баллонов СПГ устанавливается криогенный газовый баллон (ёмкость) для СжПГ.

Многие ведущие автомобильные компании производят автотранспортные средства, работающие на СжПГ. Самый большой модельный ряд газовых двигателей имеет компания YUCHAI (Китай). Развивают уже имеющийся модельный ряд двигателей MAN, IVECO, Cummins, VOLVO. Ведут разработку газовых двигателей HOWO, Weichai, WESTport, Daimler, например, Фирма MAN разработала систему питания СжПГ для автобусов (рис.3.5.), которая содержит криогенный газовый баллон 5, снабженный экранно-вакуумной изоляцией,

обеспечивающей минимально возможные потери на испарение (не превышающие 1% в сутки).

В данной системе заправка СЖПГ производится через заправочный вентиль 1 и обратные вентили 3 и 4 при закрытом линейном электромагнитном клапане 6. Отвод паров газа осуществляется через электромагнитный клапан 14 и дренажный вентиль 2. При включении системы зажигания клапаны 6 и 4 открываются. Если давление в криогенном баллоне 5 более 0.6 МПа, то клапан 10 паровой фазы в блоке управления 8 открыт и паровая фаза поступает непосредственно в газовую линию системы питания двигателя при закрытом клапане 9.

При давлении ниже 0.6 МПа клапан 10 закрывается, а клапан 9 открывается. Газ в жидкой фазе поступает в испаритель 13, где он испаряется и, проходя через перепускной клапан 12 газ поступает в газовую линию двигателя, снабженную дополнительным подогревателем газа. Система питания содержит два предохранительных клапана 11 и 7 многоразового действия.

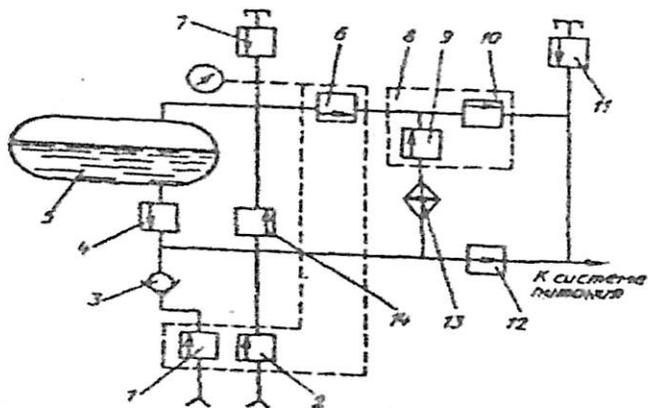


Рис.3.5. Система питания сжиженного природного газа

1 -заправочный вентиль; 2-дренажный вентиль; 3,4- обратные вентили; 5- криогенный газовый баллон; 6, 14- электромагнитные клапаны; 7, 11- предохранительные клапаны; 8- блок управления; 9,10-управляющие клапаны; 12- перепускной клапан; 13-испаритель.

7. Стационарные энергетические установки, работающие на различных газообразных топливах

Современные проблемы электроснабжение и теплоснабжение различных потребителей наиболее эффективно решаются при помощи малых теплоэлектроцентралей или использованием собственных мини-ТЭЦ. Данный подход является наиболее целесообразным по совокупности энергетических, экономических и экологических показателей, а также показателям надежности и качества энергоснабжения.

Газопоршневая электростанция — система генерации, созданная на основе поршневого двигателя внутреннего сгорания, работающего на природном или другом горючем газе (пропан-бутановые смеси, пиролизный, коксовый, биогаз, шахтный, газ сточных вод и т. д.) является одной из таких систем энергоснабжения. Они широко применяются в буровых платформах и скважинах, шахтах, очистных сооружениях, строительстве, административных и медицинских учреждениях, аэропортах, гостиницах, узлах связи, системах жизнеобеспечения и т. п. в автономном режиме или совместно с централизованными системами электроснабжения и тепла (рис.3.6).

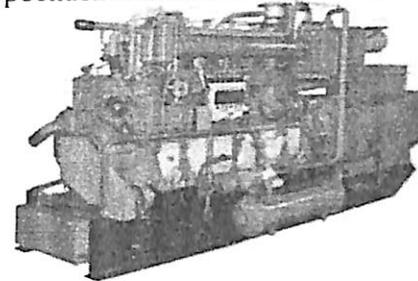


Рис.3.6. Газопоршневая мини-ТЭЦ электрической мощностью 800 кВт

В принципе все газопоршневые электростанции создаются на базе производимых дизельных электростанций и в этой связи в процессе эксплуатации их можно переоборудовать для питания газообразными или другими видами топлив.

В Узбекистане такие научно-практические работы проводились ООО «Далварзин таъмирлаш заводи» и ТАДИ (рис.3.7)

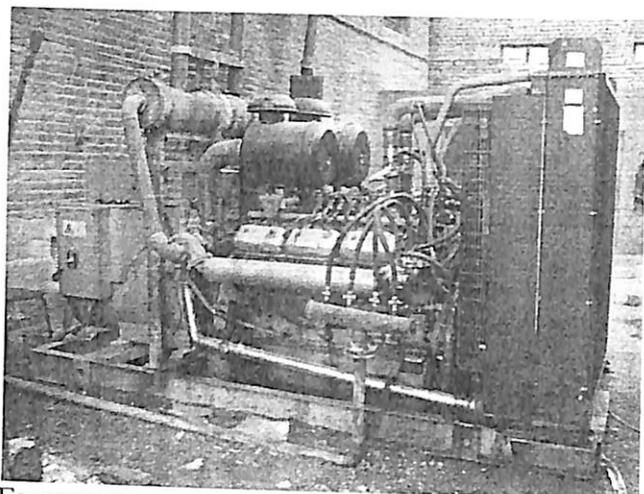


Рис. 3.7. Газовая электростанция на базе SHANGHAI DONGFENG DIESEL ENGINE модели SY630

В биоэнергетических установках малой мощности (мини-ТЭЦ) применяются газопоршневые ДВС, приспособленные для сжигания биогаза. Биогаз для них можно получить от биогазовых станций, перерабатывающих отходы сельскохозяйственных предприятий, птицефабрик и животноводческих комплексов.

Когенерационный принцип работы стационарной газопоршневой установки позволяет повысить его КПД до 85-90 % (рис.3.8).

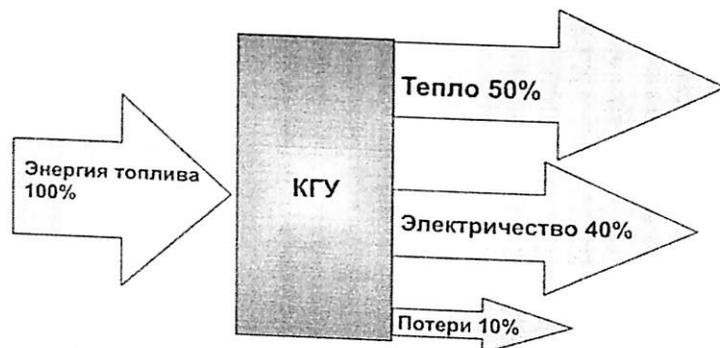


Рис.3.8. Схема реализации когенерационный принцип работы агрегата

Когенерационный принцип работы биогазовой энергоустановки наиболее эффективен, так как обеспечивает совместное экономичное производство электрической и тепловой энергии (рис.3.9 и таб.3.10).

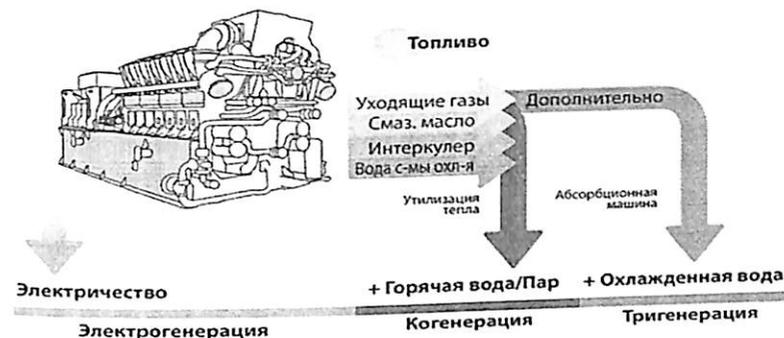


Рис.3.9. Схема электрогенерации, когенерации и тригенерации

Таблица 3.4.

Когенерационная биогазовая энергетическая установка с ДВС

Когенерационная биогазовая энергетическая установка с ДВС				
Электрическая мощность, кВт	50	100	250	500
Тепловая мощность, кВт	45	90	220	450
Объемы сырья, перерабатываемого в газогенераторе, для обеспечения биогазом энергетической установки, т/год				
Навоз КРС	2600	4300	10700	21000
Куриный помет	1250	2100	5100	10000

Использование когенерационных систем на основе двигателей внутреннего сгорания может быть целесообразно на предприятиях, где выполняются следующие условия:

- потребность в энергии носит циклический характер или не является постоянной;
- существует потребность в паре низкого давления или горячей воде средней/низкой температуры;

- требуется высокое значение соотношения электрической и тепловой энергии;
- если доступен природный газ, предпочтительным является использование двигателей внутреннего сгорания на этом виде топлива;
- если природный газ недоступен, могут использоваться дизельные двигатели на мазуте или сжиженном нефтяном газе;
- при электрической нагрузке менее 1 МВт_э - искровое зажигание (доступны системы мощностью от 0,003 до 10 МВт_э);
- при электрической нагрузке более 1 МВт_э - воспламенение от сжатия (доступны системы мощностью от 3 до 20 МВт_э).

Газопоршневые электростанции, работающие на биогазе, производят многие фирмы мира. На газопоршневых электростанциях используются газовые двигатели, производимые рядом зарубежных компаний - Tedom, Wartsila, Jenbacher, Waukesha, Guasog и др.. При мощностях мини-ТЭЦ менее 25 МВт на них применяют газопоршневые энергоагрегаты с единичной мощностью от 100 до 2000 кВт, потребляющие биогаз, получаемый при термогазификации подсолнечной лузги, сухостойной древесины, сельскохозяйственных отходов и отходов животноводства.

Принципы умной энергетики ("Smart Energy") открывают возможности развития новых направлений производства энергии. В этом плане динамично развивается стационарные энергетические газотурбинные установки, основанных на парогазовые технологии с разработкой высокоэффективной технологии «топливный элемент – газовая турбина». Топливный элемент представляет собой устройство, которое состоит из двух электродов – анода и катода – и ионного проводника-электролита между ними. Электроды должны быть пористыми и через анод подается топливный газ, а через катод – окислитель (воздух и кислород). Для работы элемента в него должны непрерывно подаваться оба компонента и одновременно отводиться горячие продукты их реакции. На аноде протекает окисление топлива, а на катоде – электрохимическое восстановление окислителя. Ионным проводником между ними является жидкий или твердый электролит. В топливном элементе в результате протекающих реакций с выделением теплоты происходит прямое превращение

химической энергии топлива и окислителя в электродвижущую силу, которая может быть снята с электродов соответствующей нагрузкой или передана в сеть (рис.3.10).

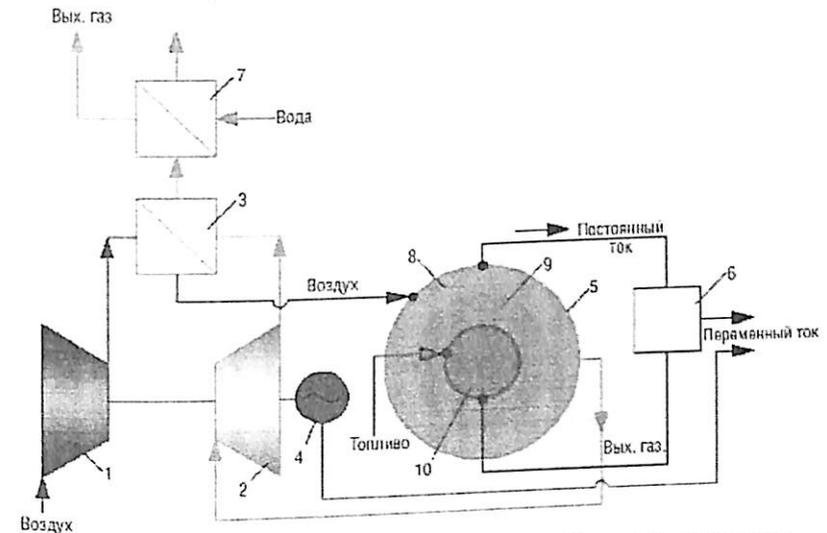


Рис.3.10. Схема энергетической газотурбинной установки простого цикла на топливных элементах с теплоутилитатором

- 1 – компрессор; 2 – газовая турбина; 3 – регенератор;
- 4 – генератор; 5 – топливный элемент; 6 – инвертор;
- 7 – теплоутилизатор; 8 – катод; 9 – электролит; 10 – анод

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВАХ

8. Показатели и характеристики газовых двигателей без наддува и с наддувом

Известно, что наддув является действенным способом повышения среднего эффективного давления, позволяющий увеличить плотность поступающего воздуха в цилиндр, который может быть реализован с изменением и без изменения степени сжатия.

При этом нагнетатели могут быть объемные, центробежные и осевые с приводами от вала двигателя, либо от газовой турбины, приводимой в движение отработавшими газами двигателя. Сочетание газовой турбины и нагнетателя в этом случае носит название газотурбокомпрессора.

В настоящее время газотурбокомпрессоры получили значительное распространение. Прирост мощности при наддуве во многом зависит от мощности самого двигателя т.к. степень наддува, создаваемая газотурбокомпрессором, определяется энергией отработавших газов, поэтому для двигателей небольшой мощности, из-за низкого к. п. д. турбины, практически не удается достичь давления выше $0,35 \text{ кгс/см}^2$, что обуславливает меньший прирост мощности двигателя при наддуве от газотурбокомпрессора (таб.4.1 и рис.4.1).

Таблица 4.1.

**Мощности двигателя при работе без наддува и с наддувом с
различными нагнетателями**

Наименование параметра	Двигатель без наддува	Двигатель с наддувом		
		нагнетатель объемный	нагнетатель центробежный	нагнетатель центробежный, привод от отработавших газов
Эффективная мощность, л. с.	75	96	114	132
Прирост мощности, л. с. (%)	—	21(28)	39 (52)	57(76)

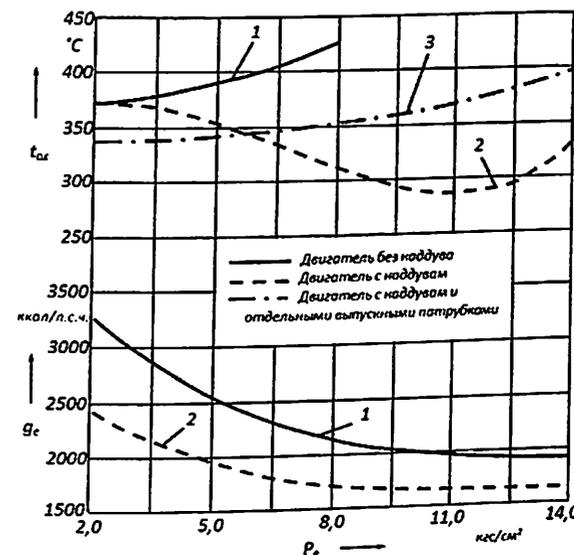


Рис. 4.1. Кривые изменения удельного расхода тепла и температуры отработавших газов в зависимости от среднего эффективного давления для различных типов газовых двигателей

Наибольший прирост мощности получается при центробежном нагнетателе с приводом от газовой турбины.

При объемном нагнетателе прирост мощности во всех случаях получается меньшим. Это объясняется тем, что объемный нагнетатель потребляет на себя больше энергии и дает более высокую температуру газа или воздуха на выходе из нагнетателя.

Влияние наддува на экономичность двигателя можно проследить по кривым рис. 4.3, где приведены значения удельного расхода тепла и температуры отработавших газов для стационарных газовых двигателей с наддувом и без наддува в зависимости от величины среднего эффективного давления P_e . Из графика видно, что при нормальной работе удельный расход тепла газового двигателя с наддувом во всех случаях ниже, чем у двигателя без наддува.

Температура отработавших газов в двигателе с наддувом также во всех случаях ниже, чем у двигателя при работе без наддува. Установка индивидуальных выпускных патрубков при работе

двигателя с наддувом, при повышенных значениях среднего эффективного давления, способствует дальнейшему снижению температуры.

Повышение мощности двигателя путем увеличения литража осуществляется расточкой цилиндров либо установкой новых гильз большего диаметра. Этот способ целесообразно осуществлять в сочетании с другими, так как сам по себе он дает увеличение мощности всего лишь на 4—5%.

Рассмотрев пути и способы повышения мощности, обратимся к вопросам экономичности двигателей.

Экономичность рабочего цикла характеризуется индикаторным коэффициентом полезного действия η_i , который зависит от ряда факторов: степень сжатия, форма камеры сгорания, размеры цилиндра, род применяемого топлива, состав горючей смеси и др. Примером может быть созданный на базе дизеля ЯАЗ-204, газовый быстроходный двухтактный двигатель с воспламенением топлива от электрической искры (рис.4.2.).

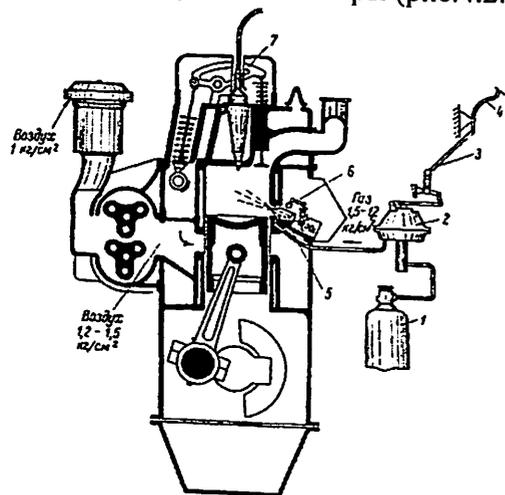


Рис. 4.2. Схема газового двигателя на базе ЯАЗ-204

Сжатый до 200 кгс/см^2 газ из баллона 1 поступает к газовому редуктору-регулятору 2, где давление газа снижается до $1,5-1,2 \text{ кгс/см}^2$. Под этим давлением газ поступает к клапанам 5, установленным непосредственно у цилиндров двигателя.

Управляются клапаны кулачками, расположенными на газораспределительном валу 6. Газораспределительным валом является видоизмененный балансирный вал двигателя ЯАЗ-204. На месте топливной форсунки устанавливается свеча зажигания 7. Степень понижения давления газа регулируется водителем при помощи педали 4 и системы тяг 3.

В газовом двигателе продувка и зарядка цилиндров воздухом происходят так же, как и в базовом двигателе ЯАЗ-204.

Вдувание газа в цилиндр двигателя соответствует $40-45^\circ$ поворота коленчатого вала по ходу сжатия, остальную часть хода клапан закрыт, а газозодушная смесь сжимается идущим вверх поршнем.

При приближении поршня к ВМТ газозодушная смесь поджигается электрической искрой. Отличие деталей газового двигателя от деталей двигателя ЯАЗ-204 состоит в следующем:

- форма отливки цилиндров для размещения впускной системы незначительно изменена. Габариты блока остались неизменными;

- форма днища поршней, при той же технологии обработки, также незначительно изменена;

- установлен газораспределительный вал вместо балансирного вала, отличающийся наличием кулачков и большим количеством опор.

При неизменной конструкции головки блока для газового варианта создается новая камера сгорания в виде полусферы в днище поршня, с установкой вместо форсунки оригинальной свечи зажигания в центре плоской части камеры. В связи с этим степень сжатия двигателя снижается до 9.

Отличительной особенностью двигателя является подача газа в среднюю часть цилиндров, через индивидуальные газовые клапаны. Во время сгорания и первой части периода расширения газовые клапаны отделены от камеры сгорания поршнем.

На рис.4.3 приведены внешняя скоростная характеристика двигателя ЯАЗ-204 при работе на газе и жидком топливе.

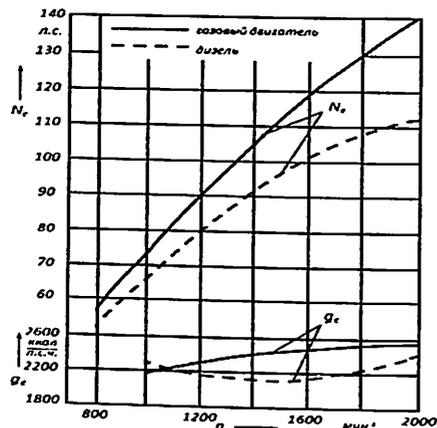


Рис. 4.3. Внешняя скоростная характеристика двигателя ЯАЗ-204
Максимальная мощность при 2000 об/мин. газового двигателя равняется 141 л. с., в то время когда мощность стандартного двигателя составляет 112 л. с.

Максимальный крутящий момент составлял соответственно 54 и 48 кгм. Среднее эффективное давление 7,25 и 6,48 кгс/см².

Минимальный удельный расход топлива по внешней скоростной характеристике у стандартного двигателя ЯАЗ-204 равен 205 г/л. с. ч. при 1500 об/мин., что эквивалентно расходу тепла ~2120 ккал/л. с. ч., а у газового двигателя, при том же числе оборотов, расход тепла оказался равным 2420 ккал/л. с. ч.

Промышленностью выпускались также двухтактные газовые двигатели, работающие по газодизельному процессу, например, V-образный двигатель Купер-Бессемер тип LSV (рис. 4.4).

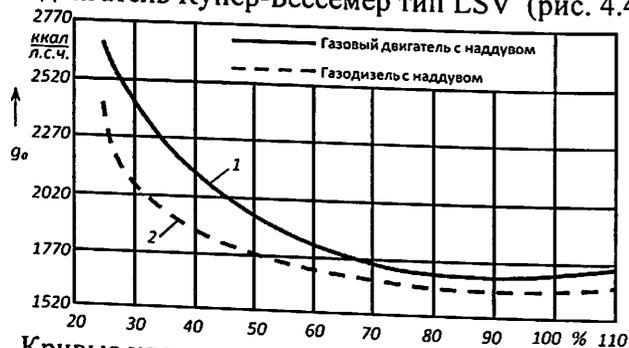


Рис. 4.4. Кривые удельного расхода тепла двигателем Купер — Бессемер

9. Нормирование энергетических и экологических показателей газобаллонной техники

Методика измерений расхода топлива и выбросов CO₂ документально определяется Директивами ЕС 715/2007 и ЕС 692/2008, реализуемая следующими ездовыми циклами:

- городской цикл — характеризуется большей интенсивностью изменения скорости движения автомобиля, в том числе необходимостью прогрева, работой двигателя во время стоянки на светофорах и в пробках, а также разгонами и резкими сбросами скорости движения до нуля, приводящий к повышенному расходу топлива;

- загородный цикл — характеризуется большей плавностью хода и стабильно удерживаемой скоростью движения, близкой к крейсерской, приводящий к относительно низкому расходу топлива;

- смешанный цикл — является комбинацией условий, когда используются и резкий городской, и спокойный загородный стили вождения.

Во время испытаний автомобиль находится в помещении испытательной лаборатории, на мощностном стенде — колеса автомобиля крутят барабаны стенда (беговые барабаны), автоматика (ранее водитель-испытатель) четко выполняет циклы разгона-равномерного движения-торможения. Анализ расхода топлива осуществляется на основе анализа выхлопных газов (в некоторых модификациях теста в топливную магистраль врезается аппаратный расходомер).

В процессе испытаний головное освещение, все дополнительные электрические нагрузки, кондиционер и прочее выключены, автомобиль должен быть исправен, после технического обслуживания и с эталонным топливом, сопротивление воздуха отсутствует.

Следует отметить, что разница аэродинамика корпусов в процессе реальной эксплуатации может повлиять на расход топлива.

Следует добавить, что указанные нормативы ЕС 715/2007 и ЕС 692/2008 не могут быть нормами практического, эксплуатационного расхода или списания топлива при бухгалтерском учете.

9.1. Энергетические показатели газобаллонной техники

Энергетическая эффективность в любой сфере экономики становится все более значимым приоритетом и она является наиболее экономичным и доступным средством решения многих проблем энергообеспечения.

В настоящее время деятельность международного энергетического агентства (МЭА) связана с двумя направлениями, а именно поддержка энергетической безопасности и обеспечение доступной, чистой энергией с учетом уменьшения выбросов парниковых газов, низкоуглеродной технологии.

Согласно существующим требованиям в сводный перечень показателей энергоэффективности в секторе пассажирского транспорта входят: энергопотребление пассажирского транспорта на единицу ВВП (на душу населения), энергопотребление пассажирского транспорта на машино-километр (мкм), энергопотребление пассажирского транспорта на пассажиро-километр (пкм). Примерное значение энергопотребление пассажирского транспорта для автобусов составляет 0,6 МДж/пкм, которое будет отличаться в зависимости от вида пассажирского транспорта.

Таким же образом величина энергопотребления для грузового транспорта определяется энергопотреблением грузового транспорта на единицу ВВП (на душу населения), энергопотреблением грузового транспорта на машино-километр (мкм), энергопотреблением грузового транспорта на тонно-километр (ткм). Примерное значение энергопотребление грузового транспорта для грузовых автомобилей составляет 2,75 МДж/ткм, которое будет отличаться в зависимости от вида грузового транспорта.

Известно, что мощность, подведенная к автомобилю, сосредоточена в энергии используемого топлива

$$N_t = \frac{3.6}{H_n \cdot G_T} \cdot \text{Вт} \quad (4.1)$$

Поскольку часовой расход топлива связан с эксплуатационным расходом

$$Q_a = \frac{100 \cdot G_T}{V_a \cdot \rho_T} \quad (4.2)$$

то, окончательно получим

$$N_T = \frac{360}{H_n \cdot \rho_T \cdot Q_a \cdot V_a} \cdot \text{Вт} \quad (4.3)$$

С учетом приведенных зависимостей полезной и затраченной мощностей

$$\eta_s = \frac{100 \cdot (G_a \cdot i + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2 \pm 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot V_a)}{\rho_T \cdot H_n \cdot Q_a} \quad (4.4)$$

Из приведенной выше формулы для расчета КПД автомобиля следует, что расход топлива можно определить по формуле

$$Q_a = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_n \cdot \eta_s} \cdot \text{л/100 км} \quad (4.5)$$

В этой формуле произведение $H_n \cdot \rho_T$ характеризует качество топлива (бензин, дизтопливо), $K_{ш}$ - шум ускорения дороги (качество дорожных условий), M_a - масса автомобиля (степень загрузки автомобиля), η_s - КПД автомобиля (совершенство конструкции автомобиля).

9.2. Экологические показатели газобаллонной техники

Содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей АТС, как с принудительным зажиганием (искровое) так и с воспламенением от сжатия (дизеля) переоборудованных на использование СПГ и СНГ вне зависимости от применяемого способа использования газа (кроме двигателей, работающих на дизельном топливе) не должно превышать следующих значений приведенных в таблице 4.2 и рис. 4.5.

Таблица 4.2.

Предельно допустимое содержание ВВ в ОГ газобаллонных автомобилей в режиме холостого хода

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Оксид углерода, объемная доля, % по видам моторного топлива		Углеводороды, объемная доля, млл ⁻¹ по видам моторного топлива и рабочему объему				Оксид углерода, объемная доля, % по видам моторного топлива		Углеводороды, объемная доля, млл ⁻¹ по видам моторного топлива и рабочему объему			
	СНГ	СПГ	для двигателей с рабочим объемом, дм ³				СНГ	СПГ	для двигателей с рабочим объемом, дм ³			
			до 3 включ.		свыше 3				до 3 включ.		свыше 3	
			СНГ	СПГ	СНГ	СПГ			СНГ	СПГ	СНГ	СПГ
Для автомобилей выпущенных до 01.07.2000 г.						Для автомобилей выпущенных после 01.07.2000 г.						
n_{min}	3,0	3,0	1000	800	2200	2000	3,0	2,0	1000	700	2200	1800
$n_{нов}$	2,0	2,0	600	500	900	850	2,0	1,5	600	400	900	750

Примечание: если значения n_{min} и $n_{нов}$ не установлены по инструкциям, то принимается $n_{min} = 800 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$, $n_{нов} = 3000 \pm 10 \text{ мин}^{-1}$

Содержание метана (CH₄) в воздухе пассажирского помещения АТС (для категорий М) и на рабочем месте водителя (для категорий М и N) не должно превышать 50 mg/m³.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, где проводятся работы по переоборудованию АТС, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005.

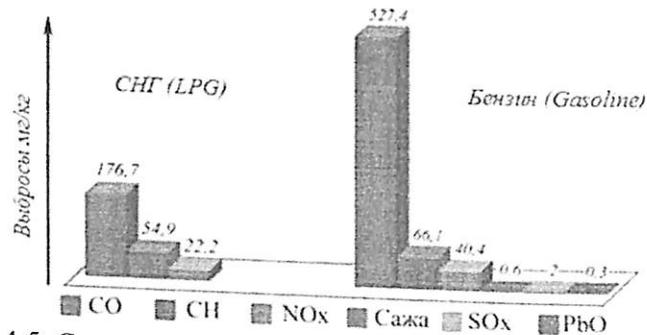


Рис. 4.5. Сравнительные выбросы загрязняющих веществ с отработанными газами двигателя внутреннего сгорания, работающего на СНГ или бензине

В соответствии с ГОСТ Р 41.49-99 (Правила ЕЭК ООН №49). Единственные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе (СНГ), и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на СНГ, в отношении выделяемых ими загрязняющих веществ.

Эти требования по выбросам в г/квт·ч установлены на АТС, расчетная скорость которых превышает 25 км/ч и которая относится к категориям M₁, общей массой более 3.5 т, M₂, M₃, N₁, N₂, N₃.

Уровень выбросов	Масса оксида углерода (CO)	Масса углеводородов (HC)	Масса оксида азота	Масса твердых частиц
A (01.07.92)	4.5	1.1	8.0	0.36
B (01.10.95)	4.0	1.1	7.0	0.152

1. В случае двигателей мощностью 85 кВт или менее к предельному значению, указанному для выбросов твердых частиц, применяют коэффициент 1.7

2. При необходимости, данное предельное значение, для выбросов твердых частиц, будет пересмотрено в сторону увеличения в зависимости от наличия методов борьбы с загрязнением воздуха, особенно двигателями мощностью менее 85 кВт.

10. Сравнительные испытания транспорта на альтернативных моторных топливах и критерии оценки их эффективности

Сравнительные испытания двигателя и транспортных средств на различных видах альтернативных моторных топливах имеют

свои особенности. Однако основные требования к их проведению связаны с существующими нормативными документами.

Использование любого альтернативного топлива, например, продуктов конверсии жидкого топлива (при конверсии жидких топлив получается метан и более тяжелые углеводороды, а при конверсии метана – синтез газ) влияет на эффективные показатели поршневого ДВС с принудительным воспламенением прежде всего вследствие уменьшения теплотворной способности (теплопроизводительности) топливно-воздушных смесей и снижения коэффициентов наполнения и молекулярного изменения. Кроме того, появляются некоторые особенности в протекании рабочего процесса двигателя, связанные с наличием в продуктах газификации и конверсии жидких топлив таких активных компонентов, как водород и окись углерода.

Термодинамический анализ теоретических циклов ДВС на бензине и газообразных топливах свидетельствует о том, что, несмотря на различия отдельных показателей, теоретический КПД рабочего процесса для указанных топлив примерно одинаков, а максимальные и средние давления циклов пропорциональны теплопроизводительности топливно-воздушных смесей.

Однако в реальных условиях наблюдаются более сложные зависимости между параметрами рабочего процесса и составом продуктов конверсии. На рис. 4.6 показаны характерные индикаторные диаграммы двигателя ГАЗ при работе на изооктане, природном газе и синтез-газе, содержащем 52 % H_2 , 30 % CH_4 , 8 % CO , 4 % CO_2 и 6 % N_2 . Вследствие увеличенной продолжительности сгорания диаграмма для природного газа имеет более пологую форму, чем для синтез-газа, что вызвано высокими кинетическими характеристиками водорода, составляющего основу синтез-газа. По этой же причине максимальное давление цикла P_z на синтез-газе больше, чем на природном, хотя среднее индикаторное давление P_{ic} меньше (рис. 4.7).

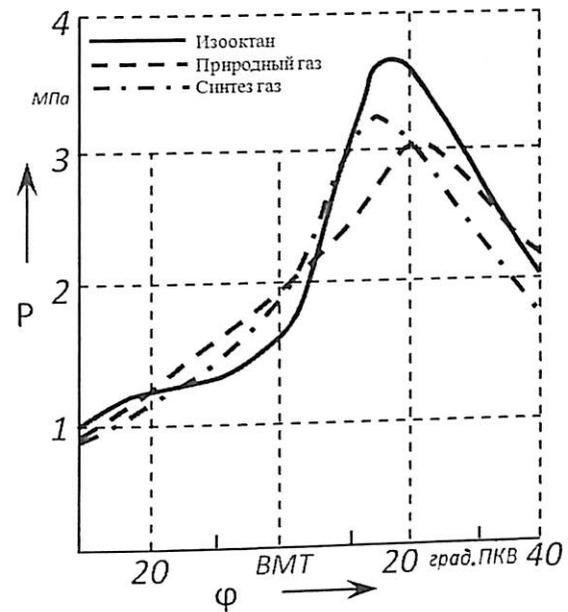


Рис. 4.6. Индикаторная диаграмма двигателя.

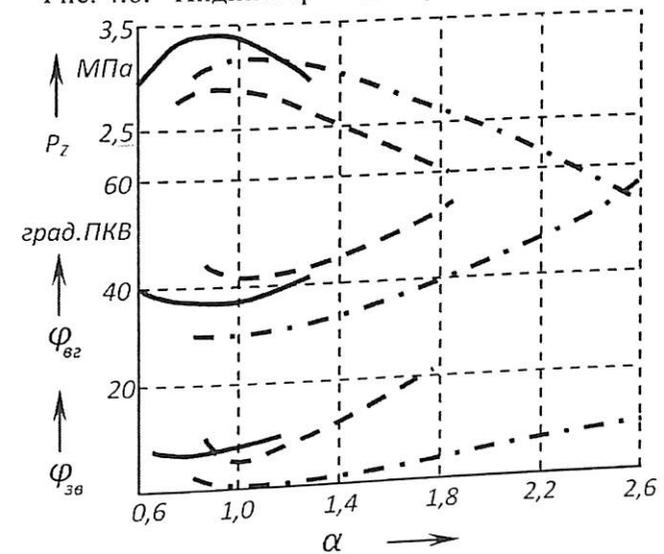


Рис. 4.7. Влияние состава смеси на параметры сгорания

Различия в скоростях сгорания топливо-воздушных смесей хорошо иллюстрируют приведенные параметры длительности сгорания: период задержки воспламенения $\varphi_{зв}$ и продолжительность видимого горения $\varphi_{вг}$. Наиболее медленно процесс горения развивается на природном газе, хотя по периоду задержки воспламенения он близок к изооктану. У синтез-газа, содержащего значительное количество водорода, характеристики сгорания более высокие по сравнению с рассматриваемыми топливами.

На рис. 4.8 и 4.9 показаны характеристики двигателя ЗИЛ при работе на различных газовых топливах, включая и синтез-газ, содержащий 68 % CH_4 , 2 % H_2 и до 30 % CO_2 . Синтез-газы А и Б имеют различные схемы организации ГКТ, так как первый близок по составу к продуктам водородной конверсии, а второй — к продуктам метанизации.

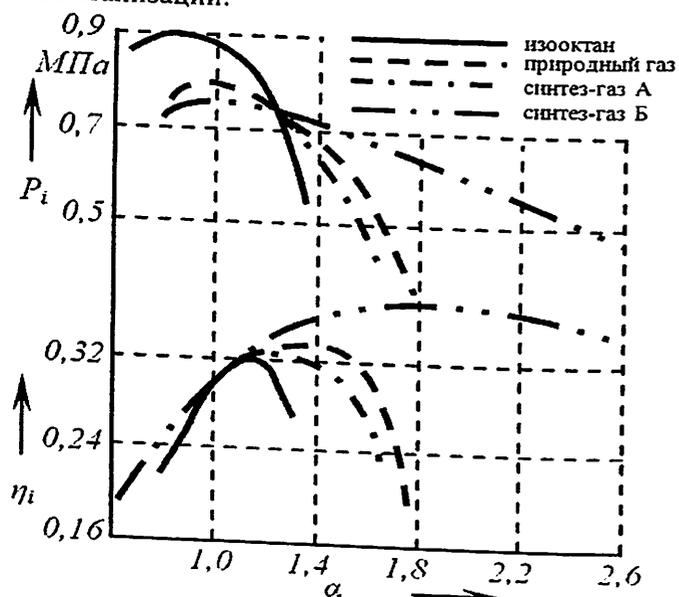


Рис. 4.8. Изменение показателей двигателя

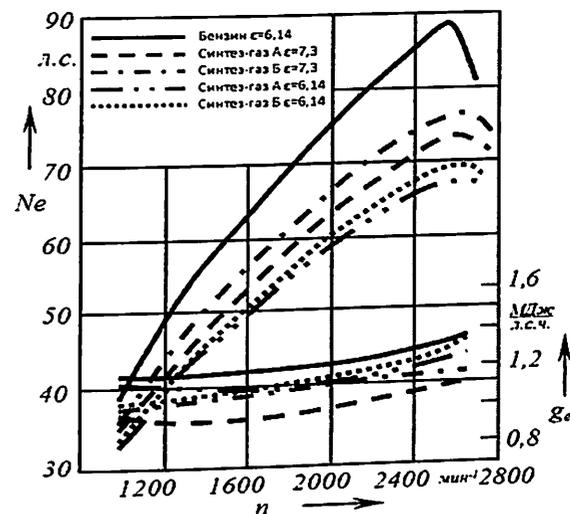


Рис. 4.9. Внешние скоростные характеристики двигателя

Влияние рода топлива нагляднее всего проявляется при работе двигателя в области бедных смесей. Так, если при $\alpha < 1,1$ индикаторный КПД (η_i) для всех топлив практически одинаковы, то с обеднением топливно-воздушной смеси наблюдаются значительные его колебания. При переходе на газовые топлива максимальная величина η_i несколько повышается, а соответствующие ей значения α сдвигаются в область бедных смесей. Для изооктана максимум η_i отмечается при $\alpha = 1,1-1,25$, для природного газа — при $\alpha = 1,25-1,8$, а газа А — при $\alpha = 1,7-1,9$. Одновременно значительно расширяются границы устойчивой работы двигателя: от $\alpha = 1,2-1,25$ для изооктана до $\alpha = 1,6-1,7$ для природного газа и вплоть до $\alpha = 10$ для газа А. Следует отметить несколько меньшие значения η_i для газа Б по сравнению с газом А, что вызвано повышенным содержанием балластных компонентов.

Внешние скоростные характеристики двигателя указывают на заметное падение его мощности при работе на газах А и Б — в среднем на 30—35 %. Однако экономичность двигателя, выраженная в тепловом эквиваленте, для газообразных топлив несколько выше. Характерно, что, несмотря на существенные различия состава и энергетических показателей газов водородной

конверсии и метанизации, разница в мощности двигателя не превышает 5 %.

Наблюдаемое падение мощности двигателя при переходе на горючие газы может быть полностью компенсировано за счет высоких антидетонационных качеств этих топлив путем соответствующего повышения степени сжатия. Возможности компенсации мощностных потерь этим методом иллюстрирует рис. 2.61 (кривые 3 и 4). Закономерно, что преимущества газовых топлив в отношении экономичности в этом случае возрастают.

Экспериментальная оценка (Горнорудное бюро США) показала эффективность применения в автомобильном двигателе генераторного газа метанизации, содержащего 10% - H_2 , 80,6% - CH_4 , 7,7 - C_2H_6 и 1,7 % прочих углеводородов. Низшая теплота сгорания модельного газа составляла $33,5 \text{ МДж/м}^3$. Исследования включали определение экономических и токсических показателей двигателя рабочим объемом 2,8 л. при использовании природного и генераторного газов со степенями сжатия 8,6 и 12,5. Как видно из рис.4.10, содержание суммарных углеводородов (СН) и окислов азота (NO_x) в отработавших газах при использовании в качестве топлива природного и генераторного газов примерно одинаково во всем диапазоне смесей. Экономичность двигателя при работе на генераторном газе выше на 3-7,5 %, чем на природном, что, по-видимому, связано с большей полнотой сгорания топлива, обусловленной присутствием водорода. Увеличение степени сжатия газа дает устойчивое повышение экономических показателей примерно на 10 %, однако при этом возрастает содержание СН в выхлопных газах. Максимум выхода СН соответствует $\alpha=1,2$, причем при $\epsilon=12,5$ выброс СН примерно на 40 % больше по отношению к $\epsilon=8,6$. С увеличением степени сжатия, а также при обеднении смеси возрастает содержание альдегидов в отработавших газах.

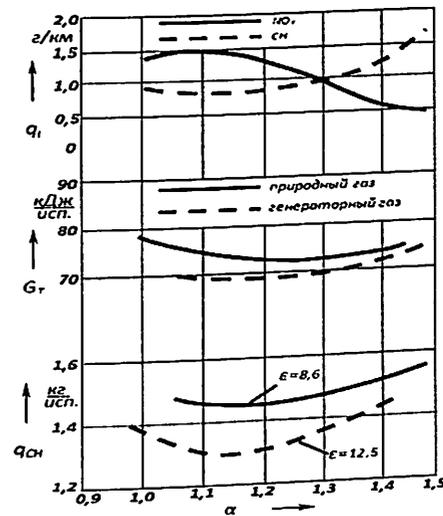


Рис. 4.10. Экологические и экономические характеристики двигателя

Выше приведенный анализ также подтверждается внешними скоростными характеристиками (рис. 4.11.) дизеля и газового двигателя, созданного на его базе.

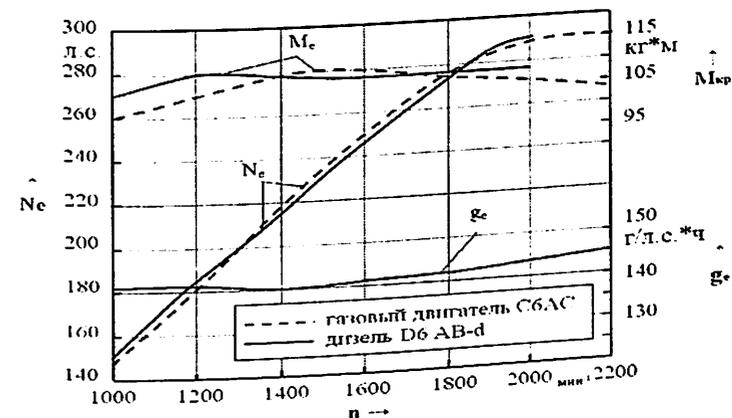


Рис.4.11. Внешние скоростные характеристики дизеля и газового двигателя, созданного на его базе

В целом основными критериями для оценки эффективности использования различных видов альтернативных моторных

топлива в двигателях служат расход топлива, уровень вредных выбросов, затраты на производство топлива, инфраструктура применения топлива и стоимость затрат на реконструкции двигателя и транспортного средства. Эти критерии выбраны как наиболее важными исходя из современных экологических, энергетических и экономических требований к транспортным средствам.

11. Правила безопасности эксплуатации газобаллонной техники

11.1. Требования к переоборудованию автотранспортной техники на альтернативные моторные топлива

Известно, что использование альтернативных моторных топлив и развитие их инфраструктуры должны сопровождаться в рамках определенных требований безопасности, направленные на обеспечение снижения уровня негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения, повышение экономической эффективности автомобильных перевозок в крупных городах, предусматривающие решение следующих задач: замена автотранспортных средств государственных предприятий (учреждений) на подвижной состав, использующий газообразные топлива; реконструкция и обеспечение специальным оборудованием производственных площадей автопредприятий, парков хранения и обслуживания транспортных средств (в том числе механизированных баз хранения уборочной, садово-парковой и строительной техники); строительство и ввод новых АГНКС; снижение уровня негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения; расширение международного и межрегионального сотрудничества в области использования альтернативных топлив; организация сотрудничества с производителями газобаллонного оборудования; организация подготовки кадров в области использования газобаллонных автомобилей; обеспечение условий для перевода парка автобусов, грузового автотранспорта частных предприятий и организаций на использование газообразных топлив

Газобаллонные оборудования для различных транспортных средств могут иметь разные компоненты и они могут отличаться по техническим параметрам и местам установки.

Например, одним из важным компонентом газобаллонного оборудования сжатого природного газа является баллоны, которые должны выдерживать наполнение при установившемся давлении 20 МПа и установившейся температуре газа 15 °С не менее 1000 раз в течение одного года эксплуатации.

11.2. Требования к эксплуатации газобаллонной техники

В настоящее время наибольшее распространение нашли газобаллонные транспортные средства и, следовательно, для их эксплуатации разработаны наибольшее количество нормативных документов.

При эксплуатации газобаллонной техники следует учесть физико-химические, моторные, теплотехнические и экологические свойства топлива.

При этом горючесть топливо или температура воспламенения газа- наименьшая температура, при которой происходит воспламенение газа(метан -545 °С, пропана -466°С , бутана - 405°С); температура горения -максимальная температура в зоне горения (метан -2043°С , пропан -2110°С, бутана -2118°С); теплота сгорания топлива и горючей смеси; нижний и верхний пределы воспламеняемости); токсичность газа (воздействия на человеческий организм); скорость распространения пламени - скорость перемещения фронта пламени относительно свежей струи смеси (метан - 0,67 м/с, пропана - 0,83 м/с, бутана - 0,82 м/с, водорода - 4,83 м/с), содержание ароматических и нафтеновых углеводородов и др. имеют важное значение.

Кроме этого следует учесть одоризации газов или добавление в газ сильно пахнущего вещества (одоранта) для придания газу запаха перед поставкой потребителям. При использовании в качестве одоранта этилмеркаптана его добавляют: в метан - 16 г на 1000 м³, в пропан-бутановые смеси - 60-90 г на 1 т газа. Интенсивность запаха природного газа для промышленных предприятий, которые потребляют газ от

магистральных газопроводов, устанавливается по согласованию с потребителем.

Человек должен ощущать запах одоранта в воздухе при содержании газа в воздухе 20% от нижнего предела взрываемости, т. е. для пропан технического - 0,5%, смесь пропан-бутановая техническая - 0,4%, бутан технический - 0,3%, метан - 1% по объему.

Теоретически реакцию горения углеводородных газов можно представить следующим образом:

Метана - $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 8500$ ккал (участвует $9,52 \text{ м}^3$ воздуха)

Пропана - $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 21\,800$ ккал (участвует $23,8 \text{ м}^3$ воздуха)

Бутана - $\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 28\,300$ ккал (участвует $30,9 \text{ м}^3$ воздуха)

11.3. Техническое обслуживание и ремонт газобаллонных автомобилей

Решение вопросов связанных с организацией технического обслуживания и ремонта основывается на «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта».

В целом нет необходимости повторять материалы, связанные с обеспечением технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автомобилей на СНГ и СПГ, которые указаны в соответствующих руководящих материалах.

Однако необходимо подчеркнуть некоторые вопросы, на которые следует обратить внимание в процессе эксплуатации ГБА.

Основные характерные неисправности ГБА связаны с нарушением герметичности узлов и деталей, которых следует своевременно обнаружить и правильно устранить.

Примерная типовая схема организации технологических процессов ТО и Р ГБА приводится на рис. 4.12.

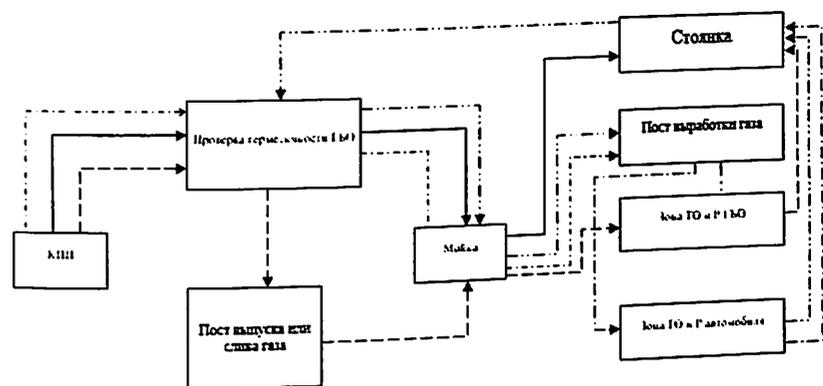


Рис. 4.12. Примерная схема технологических процессов ТО и Р ГБА

— автомобиль исправен; ---- автомобиль при плановом ТО;
 - - - - автомобиль исправен, ГБО неисправно; --- автомобиль неисправен, ГБО исправно

Воздушная среда производственных помещений ТО и Р контролируется с помощью систем, состоящих из датчиков ГАЗ-114 или СТМ-4. Участки по ТО и Р должны оснащаться специальным производственным и контрольно-диагностическим оборудованием. Объемы и периодичность проводимых работ и операций по ТО и Р должны соответствовать базовым автомобилям. Трудоемкость ТО и Р для ГБА значительно увеличивается по сравнению с базовыми бензиновыми автомобилями.

Особое место в эксплуатации ГБА имеют ремонт и техническое освидетельствование газовых баллонов СПГ и СНГ, которые проводятся на специализированных пунктах (центрах).

Технологический процесс ремонта и технического освидетельствования газовых баллонов для СПГ и СНГ схематически изображен на рис. 4.13.

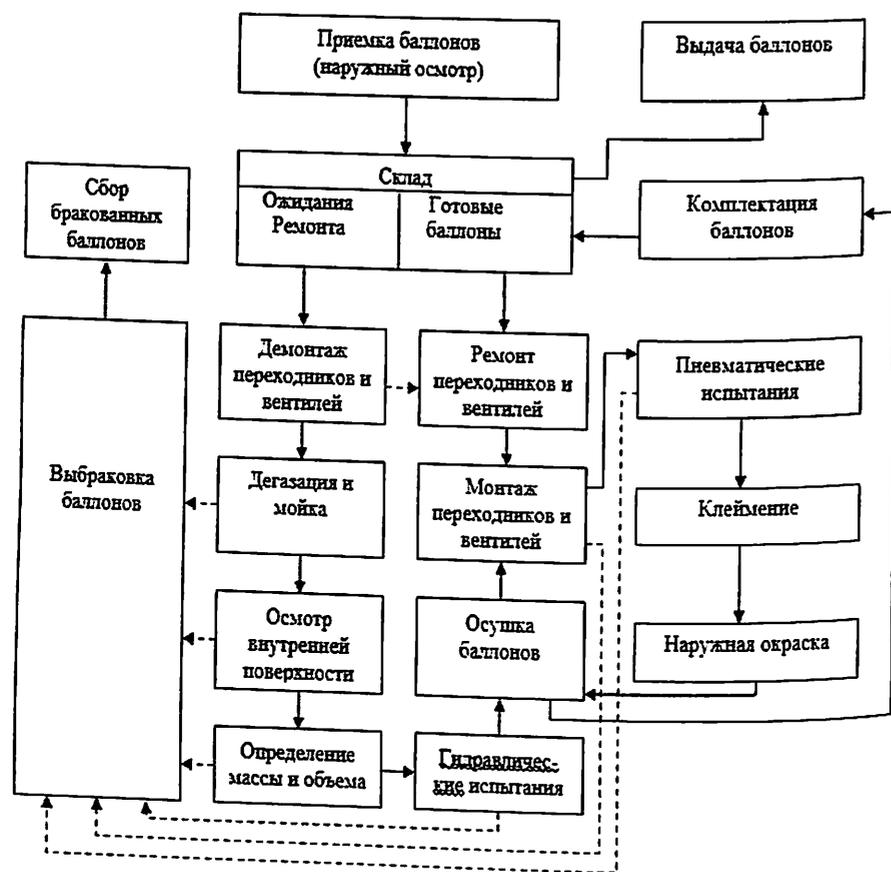


Рис.4.13. Схема организации ремонта и технического освидетельствования баллонов для СПГ и СНГ.

Следует подчеркнуть важность правильной и полной комплектации участка по ремонту и техническому освидетельствованию газовых баллонов (табл.4.3) необходимым технологическим оборудованием и другими средствами

Таблица 4.3.

Примерная перечень комплектации участка по ремонту и техническому освидетельствованию газовых баллонов

№ №	Наименование	Изготовление собственными силами	Изготовлене промышленностью
1	Тележка для транспортировки баллона	+	-
2	Захват для подъема баллонов с подъемно-транспортным устройством	+	-
3	Приспособление для пропарки, залива и слива воды	+	-
4	Стеллаж для хранения баллонов	+	-
5	Станок для отворачивания и заворачивания вентиляей и тройников	+	-
6	Весы (типа медицинских малогабаритные РР-150МГ или рычажные РР-150Ц13 или РР-500Ц13Б)	-	+
7	Гидравлический насос (с ручным или электрическим приводом)	-	+
8	Воздушный компрессор ($P_p \geq 20 \text{ МПа}$)	-	+
9	Источник напряжения не более 12 В	-	-
10	Пост для гидроиспытаний	+	-
11	Пост для пневмоиспытаний	+	+
12	Верстак слесарный	-	+
13	Ключ динамометрический $M_{np} = 50 \dots 55 \text{ кг м}$.	-	+
14	Листы конструкционные из алюминиевых сплавов толщиной 5.5...10 мм, шириной 1000...2000 мм, длиной 2000...4000 мм	-	+
15	Свинцовый глет	-	+
16	Жидкое стекло	-	+
17	Краска красная	-	+
18	Краска белая	-	+

В основе организации технологических процессов ТО и ТР ГБА лежит принцип преимущественного совмещения по времени и наработке технического обслуживания базового автомобиля и

ГБО. Ниже приведены перечни дополнительных операций ТО газовых систем ГБА.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕО). Ежедневное техническое обслуживание выполняется перед выездом ГБА на линию, и после возвращения в АТП.

Перед выездом проверяются внешним осмотром: крепление газовых баллонов, которые не должны касаться пола кузова или крыши; газопроводы и арматура, которые не должны быть деформированы; состояние газового оборудования и измерительных приборов.

Для работающих на СПГ автомобилей по манометру необходимо убедиться в наличии газа в баллонах. Открыть расходные вентили, при открытии вентилей проверить легкость и плавность их открытия и закрытия рукой. Не допускается открытие и закрытие расходных и магистральных вентилей с помощью дополнительных инструментов.

Особое внимание необходимо уделять контролю герметичности элементов и соединений всей газовой системы питания. Проверку проводят до и после открытия газовых вентилей. Следует обратить внимание на наличие запаха газа в кабине водителя, вспомогательном и моторном отсеках, салоне. При необходимости следует проверить с помощью течеискателя или пенным раствором герметичность соединений, а также проверить, нет ли подтекания бензина (для газодизельных автомобилей дизельного топлива) в соединениях топливопроводов и электромагнитном бензиновом клапане. Визуально негерметичность можно обнаружить по наличию конденсата или изморози в местах утечки. Утечку газа можно определить на слух и по наличию мыльных пузырьков.

Проверяют легкость пуска и работу двигателя на газе на холостом ходу при различной частоте вращения коленчатого вала, наличие огнетушителей в кабине и салоне.

После возвращения автомобиля в АТП внешним осмотром следует проверить герметичность арматуры газового баллона и расходных вентилей. Необходимо удостовериться, нет ли подтекания бензина в соединениях топливопроводов, а также с помощью мыльной эмульсии и течеискателей состояние расходных, магистральных и наполнительных вентилей,

газопроводов и их соединений. Очистить снаружи и при необходимости вымыть арматуру газового баллона и приборы газовой, бензиновой или газодизельной систем питания.

При постановке автомобиля на стоянку нужно закрыть расходные вентили и выработать весь газ, находящийся в системе, а в холодное время года при использовании в системе охлаждения воды слить ее из полости редуктора.

Первое техническое обслуживание (ТО-1). Перед постановкой на пост ТО-1 автомобилей необходимо проверить внутреннюю герметичность расходных вентилей и наружную герметичность арматуры газового баллона, затем закрыть расходный вентиль, выработать газ из системы. При необходимости следует удалить газ из баллона и перейти на работу двигателя на бензине.

При ТО-1 выполняются очистительные работы; очистка корпусов фильтрующих элементов газовых фильтров, электромагнитного клапана, редукторов высокого и низкого давления, слив отстоя из РНД.

Затем проверяют, как и при ЕО, герметичность газовой системы питания. Запускают двигатель и проверяют его работу на холостом ходу на газе и бензине при различной частоте вращения коленчатого вала, определяют содержание СО и СН в отработавших газах и в случае необходимости проверяют давление в 1-й и 2-й ступенях РНД, регулируют газовые редукторы и карбюратор-смеситель.

Проверяют внешнее состояние и крепление элементов ГБО, герметичность полости теплоносителя, подводящих и отводящих шлангов подогревателя газа.

В газодизельных автомобилях и автобусах дополнительно проверяют отсутствие подтеканий дизельного топлива в соединениях топливопроводов, состояние, крепление и работоспособность механизма установки запальной дозы дизельного топлива, ход телескопической тяги заслонки и других механизмов управления подачи газа, смазывают эти соединения. При необходимости устраняют неисправности. Проверяют герметичность воздушного впускного трубопровода двигателя после воздушного фильтра. Подтягивают, если необходимо, все соединения крепления деталей, установленных на трубопроводе. Проверяют состояние, крепление и работоспособность электри-

ческой системы, крепление проводки к кнопке включения моторного тормоза. Устраняют имеющиеся неисправности.

Проверяют работу двигателя в газодизельном режиме, при необходимости регулируют запальную дозу дизельного топлива на начало подачи газа и уравнивают мощности двигателя при работе в дизельном и газодизельном режимах. Переводят и проверяют двигатель в дизельном режиме.

Второе техническое обслуживание (ТО-2). Второе техническое обслуживание включает часть работ ТО-1 и, кроме того, ряд дополнительных контрольно-диагностических, крепежных, ремонтных и регулировочных операций, производимых со снятием в необходимых случаях элементов газовой системы питания.

При ТО-2 тщательно проверяют крепление узлов и приборов газовой системы, работу редукторов высокого и низкого давления, дозирующе-экономайзерных устройств, предохранительного клапана, подогревателя, испарителя, карбюратора-смесителя, манометров высокого и низкого давления с помощью специального диагностического оборудования. В случае обнаружения неисправностей их устраняют и регулируют названные узлы и приборы.

Снимают электромагнитный клапан-фильтр, очищают отстойник фильтра. При необходимости заменяют фильтр и шток и другие неисправные детали, собирают и проверяют работоспособность, устанавливают электромагнитный клапан на место.

В автомобилях, работающих на СПГ, и, в том числе, газодизельных, выполняют смазку резьбовых соединений штоков магистрального, наполнительного и расходных вентилях.

При ТО-2 выполняется часть ремонтных работ. Если оговорено в перечне работ, снимают РВД, заменяют мембраны, уплотнительные прокладки в соединениях с манометром и предохранительным клапаном, заменяют фильтры РВД и РНД, проверяют на стенде внутреннюю и внешнюю герметичность, производят регулировку выходного давления. Устанавливают РВД на место.

Сливают отстой из РНД.

Проверяют давление в 1-й (если позволяет конструкция) и 2-й ступенях РНД. При необходимости регулируют газовые редукторы и карбюратор-смеситель.

Проверяют также легкость пуска и работу двигателя на газе и бензине. Затем запускают двигатель и проверяют его работу на холостом ходу на газе и бензине при различной частоте вращения коленчатого вала, определяют содержание СО и СН в отработавших газах.

В газодизельных автомобилях необходимо очистить и проверить крепление и работоспособность механизма ограничения подачи газа, при необходимости смазать и отрегулировать его.

Проверяют крепление трубок на пневмоклапане и его крепления на ТНВД.

Проверяют отсутствие подтеканий дизельного топлива в соединениях топливопроводов.

Проверяют крепление крышки воздушного фильтра.

Переводят двигатель на газодизельный режим и на посту диагностики проверяют работу автомобиля в газодизельном режиме работы двигателя и соответствие его мощности при работе в дизельном режиме. При необходимости регулируют подаваемое количество обоих видов топлива и их соотношение.

Проверяют и устанавливают угол опережения впрыска дизельного топлива.

Проверяют и при необходимости регулируют дымность, содержание СО и СН в отработавших газах в соответствии с заводской инструкцией.

В завершении ТО-2 необходимо проверить мыльным раствором соединения газопроводов с крестовиной, заправочным и магистральным вентилями, герметичность заправочного и магистрального вентилях, соединения газопроводов с РВД и электромагнитным клапаном, герметичность соединения манометра и предохранительного клапана.

Сезонное обслуживание (СО). Сезонное обслуживание совмещается с очередным ТО-2. Работы СО представляют собой контроль всех элементов газовой системы за исключением газовых баллонов. СО включает в себя ремонтные работы по разборке, замене всех резинотехнических изделий: диафрагм, клапанов, прокладок, уплотнителей, отказавших элементов ГБО,

смазке подвижных шарнирных и резьбовых соединений элементов, сборке и проверке работоспособности и герметичности.

Предварительно перед въездом на пост, где будет проходить СО, необходимо выполнить следующие работы: очистку всей газовой аппаратуры от пыли и грязи, выпуск газа и дегазацию баллонов, а также проверить состояние и крепление газовых баллонов к кронштейнам и при необходимости восстановить крепление. В автобусах проверяют крепление опорной рамы к кузову автобуса при помощи контрольного затягивания соединений. Если необходимо, то снимают обшивку потолка салона в месте болтовых соединений и производят контрольный осмотр сварных соединений. Проверяют и при необходимости закрепляют крепление защитного кожуха баллонов.

В автомобилях, работающих на СПГ, при необходимости заменяют неисправные детали расходных вентилей баллонов, наполнительного и расходного вентилей и заправочного устройства крестовины. Заменяют манометр высокого давления на новый или проверенный в органах Госстандарта. Проверяют подогреватель газа, герметичность полости теплоносителя и подводящих шлангов системы охлаждения к подогревателю.

В автомобилях, работающих на СНГ, снимают заправочное устройство, мультиклапан или заправочный и расходные вентили, заменяют уплотнительные детали, смазывают рабочие поверхности, производят сборку и проверку герметичности сжатым воздухом, проверку давления срабатывания предохранительного клапана газового баллона.

Если сроки проведения СО совпали с проведением очередного переосвидетельствования газовых баллонов, то операции по запорной аппаратуре выполняются на пунктах по переосвидетельствованию и исключаются из перечня СО.

Снимают РНД, разбирают и заменяют все мембраны и уплотнительные прокладки клапанов, при необходимости пружины очищают и промывают. Проверяют корпусные детали. Проверяют и при необходимости заменяют седла клапанов. После сборки проверяют на стенде внутреннюю и внешнюю герметичность РНД, проводят все необходимые регулировки, устанавливают РНД на место.

В газодизельных автомобилях очищают, смазывают и проверяют крепление и работоспособность телескопической тяги, наконечников тяги привода механизма подачи газа и шарнирные соединения механизма привода дозатора.

Снимают с оси подвижный упор механизма ограничения подачи дизельного топлива, очищают от грязи, смазывают. Снимают соленоид механизма ограничения подачи дизельного топлива, очищают якорь, затем собирают и проверяют работоспособность. Проверяют состояние, крепление и работоспособность механизма ограничения (блокировки) подачи дизельного топлива и при необходимости устраняют неисправности.

Проверяют герметичность и при необходимости подтягивают все соединения и крепления деталей трубок забора разрежения, воздушного впускного трубопровода двигателя после воздушного фильтра, установленных на трубопроводе трубок подвода газа к смесителю и трубок забора воздуха для компрессора.

Снимают ТНВД и форсунки, регулируют их на стендах в соответствии с инструкцией завода-изготовителя, устанавливают на место, проверяют отсутствие подтеканий дизельного топлива в соединениях топливопроводов и регулируют угол опережения впрыска дизельного топлива.

После проведения перечисленных работ, производят заправку газом, спрессовывают газовую систему, производят проверку ее герметичности – сначала внешним осмотром и на слух, а затем с помощью мыльной эмульсии и течеискателей – состояние расходных, магистральных и наполнительных вентилей, газопроводов, кассеты баллонов и их соединений. Проверку проводят до и после открытия газовых вентилей.

На посту диагностики выполняют следующие работы. Проверяют работу двигателя в дизельном режиме (соответствие его мощности и дымности), затем переводят его на газодизельный режим и устанавливают уровень запальной дозы дизельного топлива на механизме ограничения подачи на начало подачи газа в двигатель. Соотношение обоих видов топлива и суммарное их количество должно быть в соответствии с заводской инструкцией.

Проверяют и регулируют дымность, содержание СО и СН в отработавших газах в соответствии с заводской инструкцией.

12. Нормативно-правовые и руководящие документы по использованию альтернативных источников энергии

12.1. Стандарты зарубежных стран по использованию альтернативных моторных топлив

Введение стандартов по использованию альтернативных моторных топлив в качестве моторного топлива в целом, включая в зарубежных странах, рассматривается в основном с позиций норм выбросов для транспортных средств, которые так или иначе устанавливают нормы качества на используемого вида топлива.

В современных условиях проводится гармонизация законов, регламентов, правил, государственных стандартов и других нормативно-правовых документов в которых содержатся общие принципы, правила, характеристики, относящиеся к определенным видам деятельности либо к их результатам и в том числе в области альтернативных энергетических источников на транспорте.

Известно, что гармонизация стандартов играет важнейшую роль в развитии международного научно-технического сотрудничества и совместного решения существующих проблем на основе минимизации затрат материальных и энергетических ресурсов, повышения эффективности мер по безопасности условий труда и защите окружающей среды, повышения и обеспечения качества продукции, а также она является необходимым элементом для расширения взаимовыгодного обмена товарами и услугами.

Международные стандарты обозначаются ISO и утверждаются международной организацией по стандартизации.

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные

организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Например, ISO 5164:2005(ru) Нефтепродукты. Определение антидетонационных свойств моторного топлива. Исследовательский метод.

В 70-х годов в Европе были введены многочисленные государственные программы, направленные на снижение выбросов загрязняющих атмосферу веществ и это стало началом создания общих требований к качеству моторных топлив, действующих сегодня в ЕС. Данными действиями страны Европы стали проводить общую политику по снижению вредного воздействия выбросов от транспорта на здоровье человека и окружающую среду, а также одновременно исключили различия в национальных законодательствах, поддерживая принципы свободной торговли и конкуренции, что в то время было очень важно для развития экономической интеграции в регионе. Первые общие правила ограничили содержание серы, а позже — и свинца в топливе. К концу 80-х годов снижению загрязнения транспортом атмосферного воздуха стали уделять еще большее внимание. Решение задачи было реализовано через последовательное введение экологических стандартов, регулирующих содержание вредных веществ в выхлопных газах. Эти стандарты, известные как Евро-0 .. Евро-6, постепенно сокращали допустимое содержание в выхлопных газах металлов, серы и сернистых соединений, азотистых соединений, угарного газа, летучих органических соединений. При этом параллельно выполнялись работы по модификации конструкции автомобиля и его составляющих, а также изменения в спецификаций топлива. В итоге дополнительные издержки производства за снижение выбросов на транспорте понесли одновременно автомобильная и нефтеперерабатывающая промышленность.

Особенно следует подчеркнуть о Директивах Европейского Союза (ЕС), которые являются правовой акт, обязывающим государства-члены привести национальное законодательство в соответствие требованиям, прописанным в данном документе. Они декларируют конечную цель, к которой должны быть приведены внутренние нормативные акты всех стран, а пути достижения по свободному выбору.

Сегодня основополагающим документом, законодательно устанавливающим требования к характеристикам топлива на уровне ЕС, является Директива 98/70/ЕС. В ней содержатся требования к основным параметрам моторных топлив. Одно из последних изменений в ней закрепило нормы на использование бензинов с 10-процентным содержанием этанола, стимулируя страны ЕС к более интенсивному использованию биотоплива.

Европейские стандарты обозначаются EN и утверждаются тремя организациями CEN, CENELEC и ETSI, признанными компетентными в сфере добровольной технической стандартизации, хотя ранее чаще применялись стандарты Германии DIN.

Приводим некоторых международных стандартов по альтернативным моторным топливам: ISO: 14532:2014 Природный газ. Словарь; ISO 7225:2005 Газовые баллоны. Предупредительные этикетки; ISO 9809-2:2000 Баллоны газовые. Бесшовные стальные газовые баллоны многократного использования. Проектирование, конструирование и испытание. Часть 2. Закаленные и отпущенные стальные баллоны с пределом прочности при растяжении более или равном 1100 МПа; ISO 7866:1999 Баллоны газовые. Газовые баллоны из алюминиевого сплава бесшовные многократного использования. Расчет, конструирование и испытание; ISO 14130:1997 Композиционные материалы, армированные волокнами. Определение видимой межслойной прочности при сдвиге методом испытания образцов-брусков; ASTM D3170-87(1996)e1* Стандартный метод испытания покрытий на сопротивление скалыванию; ASTM Ж53-93* Стандарт на аппаратуру воздействия светом и водой (флуоресцентные ультрафиолетовые лучи - конденсация) на материалы с неметаллическими свойствами;

12.2. Стандарты отечественные и стран содружеств по использованию альтернативных моторных топлив

Разработка и утверждение соответствующих стандартов по альтернативным моторным топливам занимает особое место в области формирования и реализации энергосберегающей политики любого государства.

Известно, что энергосберегающая политика – комплексное системное проведение на государственном уровне программы мер, направленных на создание необходимых условий организационного, материального, финансового и другого характера для рационального использования и экономного расходования топливно-энергетических ресурсов с целью максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого развития.

Следует особенно отметить роль органов государственной власти в области использования альтернативных видов моторного топлива, которые занимаются формированием государственной политики; принятием государственных законов, иных нормативных правовых актов, направленных на стимулирование и регулирование использования альтернативных видов моторного топлива; координацией работ по формированию и реализации программ использования альтернативных видов моторного топлива; регулированием цен на альтернативные виды моторного топлива; осуществлением государственного контроля за выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, производимыми транспортными и иными средствами в соответствии с законодательством государства; установлением оснований и порядка перевода транспортных и иных средств, принадлежащих организациям различных форм собственности и частным предпринимателям, на альтернативные виды моторного топлива; разработкой и введением в действие государственных стандартов, норм и правил, других нормативных документов в области производства и использования альтернативных видов моторного топлива для транспортных и иных средств.

При этом разработка национальных стандартов (ГОСТ Р, O'zDSt и др.) имеют преимущественное значение, выполненные на основе стандартов международной организации по стандартизации.

ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунального назначения, ГОСТ Р 56021-2014 Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия (таб.4.4)

ГОСТ 22667-82 Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе, ГОСТ Р 56217-2014 Автомобильные транспортные средства, использующие газ в качестве моторного топлива. Общие технические требования к эксплуатации на сжиженном природном газе, техника безопасности и методы испытаний, ГОСТ Р 54942-2012 Газобаллонные автомобили с искровыми двигателями. Выбросы вредных (загрязняющих) веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния, ГОСТ Р 56218-2014 Автомобильные транспортные средства, работающие на сжиженном природном газе. Криогенные системы питания,

Таблица 4.4.
Физико-химические показатели природного газа для газобаллонных автомобилей

№	Наименование показателя	Единица измерения	Нормативные значения
1	Объемная теплота сгорания низшая, не менее	кДж/м ³ (ккал)	31800 (7600)
2	Относительная плотность к воздуху	-	0,55-0,70
3	Расчетное октановое число газа (по моторному методу), не менее	-	105
4	Концентрация сероводорода, не более	г/м ³	0.02
5	Концентрация меркаптановой серы, не более	г/м ³	0.036
6	Масса механических примесей, не более	мг/м ³	1.0
7	Суммарная объемная доля негорючих компонентов, не более	-	7.0
8	Объемная доля кислорода, не более	-	1.0
9	Концентрация паров воды, не более	мг/м ³	9.0
10	Интенсивность запаха газа при объемной доле 1 % в воздухе, не менее	балл	3

Примечание: Значения показателей установлены при температуре 293 °К (20 °С) и давлении 0,1013 МПа (760 мм рт. ст.).

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ. СРЕДСТВА ЗАПРАВКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ МОТОРНЫМИ ТОПЛИВАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК

13. Автомобильные газозаправочные станции

Автомобильные газонаполнительные станции (АГНС) предназначены для заправки газобаллонных автотранспортных средств СНГ, которые бывают стационарного и передвижного типов.

В настоящее время наибольшее применения нашли два типа генерального плана стационарных АГНС, условно названных “лесенка” (рис. 5.1) и “ёлочка” (рис. 5.2) В каждом проекте должны обеспечиваться лучший обзор заправляемых автотракторных средств при расположении производственных средств в одном производственном корпусе. Особенно очень важно установление конденсатсборника (влажнотделителя), исключающего попадание жидкости в цилиндр компрессора, что исключает возникновение гидравлического удара в цилиндре.

Передвижные АГНС (рис. 5.3 и 5.4) используются в целях заправки газобаллонной техники СНГ в местах их сосредоточения или в полевых условиях.

В настоящее время производятся передвижные АГНС на базе седельных тягачей ЗИЛ-13081 и КраЗ-258 различными производителями Российской Федерации.

Резервуар для хранения и заправки СНГ является несущей конструкцией-рамой, оснащенной предохранительными цапковыми клапанами пружинного типа, теньевым кожухом, вихревым насосом (С5/140А или Н4-5/170), системой учета расхода газа УИЖГ-20, виброустойчивым манометром МТИ-100/1-ВУ, взрывозащищенным испарителем и др.

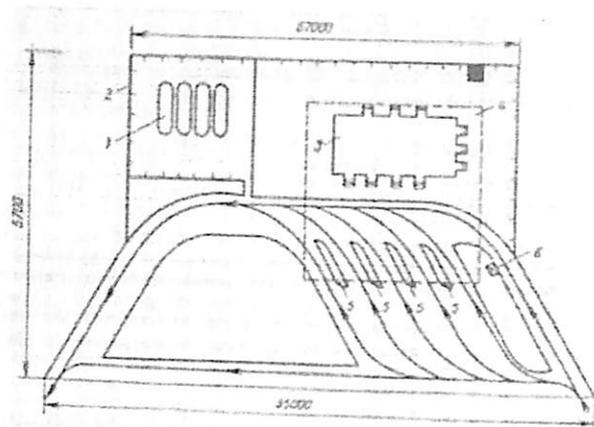


Рис. 5.1. Генеральный план АГНС типа «ёлочка»

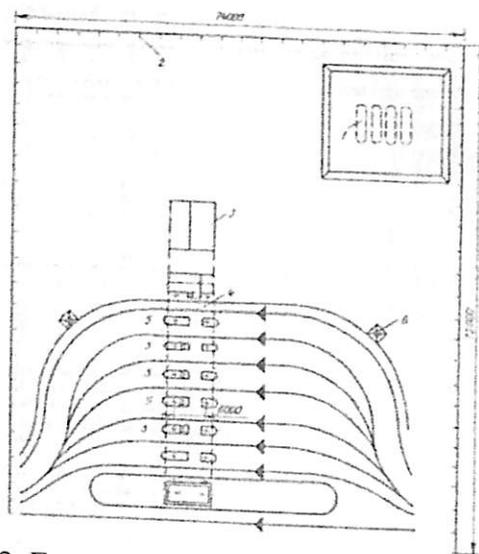


Рис. 5.2. Генеральный план АГНС типа «лесенка»
1-подземные резервуары; 2-ограждение; 3-производственное здание; 4-навес; 5-наполнительные (заправочные) колонки; 6-сливная колонка

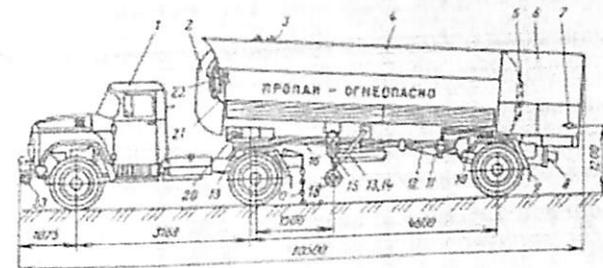


Рис. 5.3 Передвижная газонаполнительная станция ЦППЗ-12-885
1-седельный тягач ЗИЛ-130 VI типа ЦППЗ-12-885;
2-резервуар; 3-предохранительные клапаны; 4-теневого кожух;
5-люк-лаз; 6-будка для арматуры станции; 7-светоотражатели;
8-испаритель (нагреватель); 9-гряззащитные щетки; 10-крылья;
11-стояночный тормоз; 12-пневмооборудование; 13-швеллеры;
15-фиксирующие болты; 17-стояночное заземление; 18-опорное устройство с катком; 21-электрооборудование; 22-огнетушитель; 23-глушитель-искрогаситель.

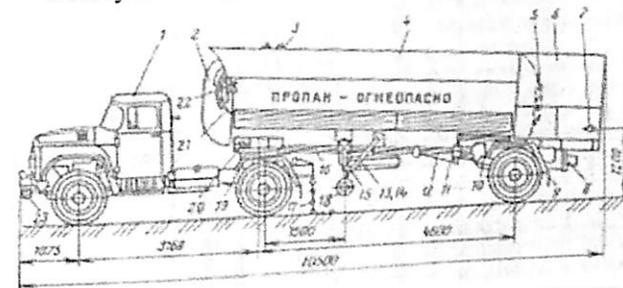


Рис. 5.4. Передвижная газонаполнительная станция типа ППЦТ-36-258
1-седельный тягач КрАЗ-258; 2-запасное колесо; 3-огнетушитель ОУБЗ левый; 4-цистерна; 5-кожух для шлангов;
6-предохранительный клапан; 7-узел люка; 8-узел коммуникаций; 9-кожух для коммуникаций; 10-заднее крыло левое; 11-мост задний полуприцепа 4МЗАП-5524ПА; 12-привод стояночного тормоза; 13-стояночное заземление; 14-установка пневматического привода тормозов; 15-шланг; 16-опорное устройство; 17-переднее крыло левое; 18-световозвращатель боковой (оранжевого цвета); 19-световозвращатель передний (белого цвета); 20-глушитель-искрогаситель.

Передвижные АГНС во время заправки автомобилей устанавливаются на специально оснащенные открытые площадки (рис. 10.5)

Стационарные и передвижные АГНС должны эксплуатироваться в соответствии с Правилами технической эксплуатации и требованиями безопасности труда на газонаполнительных станциях сжиженных газов.

14. Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции

Автомобильный транспорт сжатым природным газом (СПГ) заправляются следующими видами технологического оборудования: Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), Автомобильные газонаполнительные компрессорные установки индивидуального пользования (АГНКУ), Передвижные автогазозаправщики (безкомпрессорные и компрессорные), КриоАЗС (рис.5.5).

По времени заправки СПГ автомобилями АГНКС делятся на станции быстрой заправки (fast fill), которые, как правило, оборудованы каскадным аккумулятором газа, и станции медленной заправки (slow или night fill), обеспечивающие заправку одного или нескольких транспортных средств в течение нескольких часов, например во время ночной стоянки машины, которые эффективно применяются в автобусных парках.

По источнику природного газа АГНКС можно разделить на базовые (mother station), подключаемые к питающему газопроводу, и автономные (daughter station), на которых автомобили заправляют компримированным газом, доставляемым в специальных газовозах (трейлере) с базовой АГНКС. Такие газовозы в ряде стран называют виртуальной трубой - virtual pipeline. По производительности стационарные компрессорные установки (СКУ) для АГНКС можно разделить на несколько классов:

- особо малые (50 и менее $\text{нм}^3/\text{час}$);
- малые (50 - 200 $\text{нм}^3/\text{час}$);
- средние (200 - 500 $\text{нм}^3/\text{час}$);
- большие (500 - 1000 $\text{нм}^3/\text{час}$);

- особо большие (1000 и более $\text{нм}^3/\text{ча}$).

Современной тенденцией в системе заправки автотранспорта СПГ является строительство малых автоматизированных АГНКС на 1 - 2 заправочные колонки с телеметрической системой мониторинга, не имеющих персонала и обслуживаемых по графику разъездными техниками, которые требуют незначительного времени монтажа и разумных вложений.

Автомобильные газонаполнительные компрессорные установки индивидуального пользования (АГНКУ) также называют домашними (home fills), поскольку они зачастую устанавливаются в индивидуальных домах и как правило, являются системами медленной заправки, подключаемые к распределительным газопроводам. Такие системы заправки могут быть использованы в небольших корпоративных автопарках, машинно-тракторных парках.

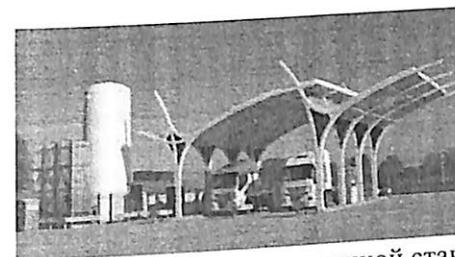


Рис. 5.5. Внешний вид газозаправочной станции СЖПГ

15. Передвижные средства заправки транспортных средств газом

Передвижные автомобильные газовые заправщики (ПАГЗ) предназначены для заправки транспортных средств сжатым природным газом (СПГ) или сжиженным нефтяным газом в местах, не оборудованных стационарными АГНКС или АГЗС. ПАГЗ классифицируются на активные и пассивные.

Пассивные ПАГЗ - газовые заправщики не имеют компрессорное оборудование, используемое для перевозки СПГ или СНГ от АГНКС/ АГЗС до объектов, не имеющих собственных источников газа. Заправка ГБА с помощью ПАГЗ производится путем естественной (пассивной) перекачки за счёт разницы давлений между ПАГЗ и газовыми баллонами транспортного

средства. Повышения эффективности заправки ПАГЗ часто используют специальное оборудование - модуль разгрузки ПАГЗ.

Активные ПАГЗ – газовые заправщики, оснащенные дожимным компрессором, позволяющие заправлять газобаллонные автомобили газом под давлением, которые могут выполнять также функцию стационарной газовой заправочной станции, могут подключаться к источнику газа.

ПАГЗ во время заправки должны быть установлены на специальных оборудованных площадках (рис.5.6)

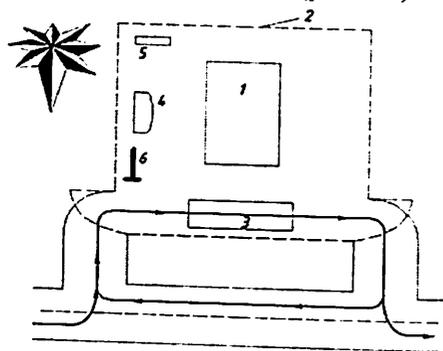


Рис. 5.6. Принципиальная схема площадки для ЦППЗ-12-885
1-Передвижная АГЗС; 2-Ограждение; 3-Заправляемый газом автомобиль; 4-Умывальник и аптечка; 5-Переносный пульт управления; :-Пожарный щит.

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

16. Альтернативные энергетические установки для транспорта

Применение альтернативных энергетических установок на транспорте позволяет развивать зеленую экономику на основе низкоуглеродной технологии. Первым примером применение альтернативных энергетических установок на транспорте может быть использование машины с электрическим приводом в замен механического привода для особых работ и условий, где достигается наилучшие показатели замедления, торможения и управляемости.

В мире динамично развивается эксплуатация электромобилей, которые составляют около 0,2% от общего количества эксплуатируемых автомобилей в мире. Первенство производство электромобилей занимают компании TESLA, SAIC, RENAULT NISSAN, BMW. Основной проблемой электромобилей является накопители энергии (аккумуляторные батареи, ёмкости), обеспечивающие требуемый пробег с одной зарядкой.

Компании CATERPILLAR, XEMC, SANY, KOMATSU, HITACHI являются ведущим мировыми разработчиками карьерных автосамосвалов с электрическим приводом переменного тока, силовая передача которых идеально сочетается с дизелем и тем самым обеспечивается безопасность эксплуатации, удобство обслуживания и производительность. Особенно следует отметить важность выбора тягового электродвигателя, который может быть асинхронным, синхронным, индукторным, вентильным и вентильно-индукторный, имеющим свои достоинства и недостатки.

На рисунке 6.1 приводится схема передачи энергии в карьерном автосамосвале с механической (а) и электромеханической (б) трансмиссиями.

Карьерные самосвалы БелАЗ с электромеханической передачей также широко эксплуатируются в условиях Узбекистана, обеспечивающие наивысшей грузоподъемности и высокой проходимости за счет полного привода на все колеса; высокую

маневренность за счет двух поворотных осей и оригинальной кинематики поворота, устойчивость; динамичную разгрузку за счет мощного гидропривода подъема кузова; экономичность за счет оптимального алгоритма работы двухдизельной моторной установки.

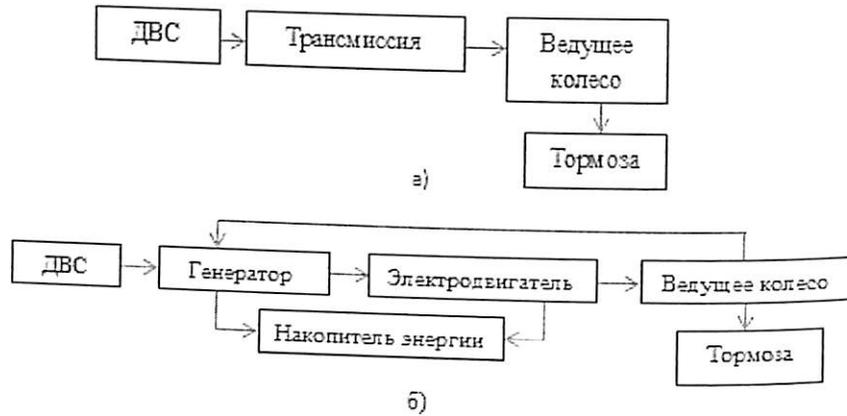


Рис. 6.1. Схема передачи энергии в карьерном автосамосвале с механической (а) и электромеханической (б) трансмиссиями

На рисунках 6.2 и 6.3 приводятся структура, принцип работы и схема электромеханической трансмиссии карьерного автосамосвала

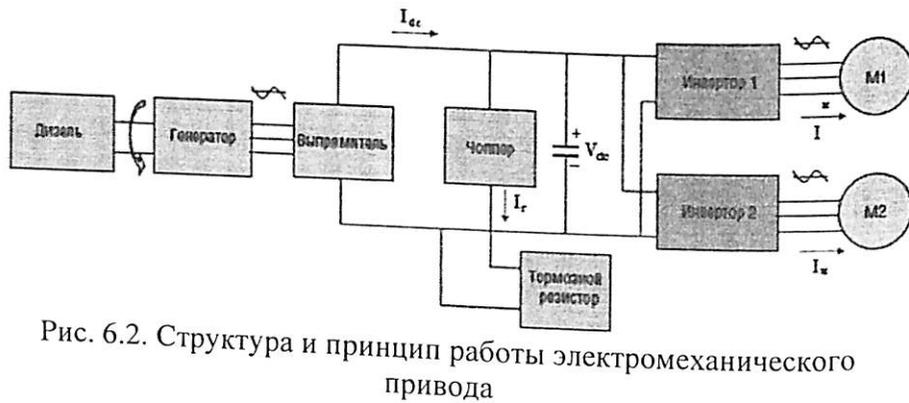


Рис. 6.2. Структура и принцип работы электромеханического привода

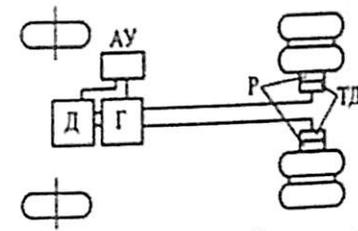


Рис.6.3. Схема электромеханической трансмиссии карьерного автосамосвала

Д-двигатель; Г-генератор; ТД-тяговый двигатель; Р-редуктор; АУ-аппаратура регулирования управления.

Последние разработки карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией позволяют сэкономить примерно четверть энергии путем её рекуперации при торможении и спуске в карьере.

Современные гибридные автомобили, составляющие использующие для привода ведущих колёс более одного источника энергии по сути дела работают по такому же принципу. Ведущие автопроизводители часто прибегают к совместному использованию двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и электродвигателя (ЭД), что позволяет избежать работы ДВС в режиме малых нагрузок, а также реализовывать рекуперацию кинетической энергии, повышая топливную эффективность силовой установки.

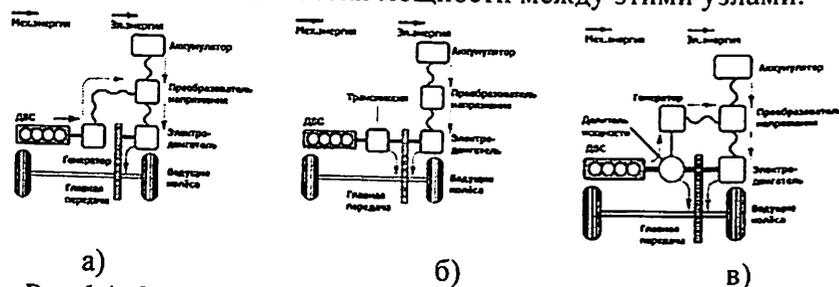
По способу подключения двигателей и накопителя к приводу гибридные автомобили имеют схемы последовательного, параллельного и последовательно-параллельного соединения (рис.6.4).

Последовательное соединение – модификация электромеханической трансмиссии с добавлением промежуточного накопителя, где ДВС механически соединён только с электрогенератором, а тяговый электродвигатель – только с колёсами.

Параллельное соединение – ДВС и электродвигатель механически соединены с колёсами посредством дифференциала, который обеспечивает возможность как их работы по отдельности, так и совместно.

Последовательно-параллельное соединение- ДВС, генератор и электродвигатель механически связаны друг с другом и с

колёсами посредством планетарного редуктора, что позволяет произвольно изменять потоки мощности между этими узлами.



а) б) в)
Рис.6.4. Схемы последовательного (а), параллельного(б) и последовательно-параллельного(в) соединения гибридного автомобиля

Многими мировыми ведущими учеными и специалистами отмечается глобальные тенденции в спросе на энергию, выбросах и погодных изменений, что связано с огромной разницей между возросшей глобальной срочностью по смягчению последствий изменения климата и ростом спроса на энергию и выбросов. В мире потребление на энергию выросло на 2,9 %, а выбросы углерода - 2 %, что является самым высоким показателем за годы, что в значительной степени обусловлено ростом спроса в Китае, Индии, США и в других развитых странах.

Солнечная энергетика (гелиоэнергетика), ветроэнергетика, геотермальная энергетика, тепловые насосы, гидроэнергетика, биоэнергетика(биоресурсы, рис.), энергия приливов (прибоя, морских волн, течений), тепловые отходы и др. являются возобновляемые источники энергии, которые, удовлетворяют более 20% мировых потребностей в электроэнергии и более 18% мирового энергопотребления (с учетом использования биомассы). Считается, что каждый кВт/ч электроэнергии, выработанной ветровой электростанцией, предотвращает выброс в атмосферу 0,1 кг вредных веществ, включая парниковых газов.

Следует также отметить неиспользованные возможности, как источника энергии, канализационные газы, шахтенные газы, горючие сланцы, причем особенно следует отметить ядерную энергию, которая по запасам является практически неисчерпаемой.

Основными преимуществами возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными (невозобновляемыми) источниками являются:

- практически неисчерпаемые ресурсы;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду, включая выбросы различных загрязняющих веществ, парниковых газов, радиоактивное и тепловое загрязнение и др.

Основными факторами, ограничивающими использование возобновляемых источников энергии, являются:

- малая плотность энергетического потока, которая составляет, например, для солнечной энергии на поверхности земли $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², ветровой при скорости ветра 10 м/с - $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м², геотермальной - $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², в то время как для энергии АЭС - 0,2 МВт/м²;
- значительная неравномерность выработки энергии во времени и ее использования;
- относительно высокие капиталоемкость энергетических установок и стоимость вырабатываемой электроэнергии.

В мире разработана технология получения возобновляемого метанола четырьмя основными способами: из бытовых отходов, промышленных отходов, биомассы и углекислого газа. Первые три способа основаны на применении газификации и технологий каталитического превращения, тогда как в четвертом методе метанол получают из углекислого газа (CO₂), воды и источников возобновляемой энергии. К основным мировым производителям, которые в настоящее время применяют эти технологии, относятся BioMCN (Нидерланды), Blue Fuel Energy (Канада), Carbon Recycling International (Исландия), Chemrec (Швеция), Enerkem (Канада), и VärmlandsMetanol (Швеция).

Известно, что метанол обладает большим потенциалом сокращения выбросов парниковых газов в транспортном секторе. При производстве метанола происходит на 65-95% меньше выбросов углерода, чем при производстве традиционного топлива. Этот показатель наилучший среди всех видов альтернативного топлива. На стадии применения метанола в качестве моторного топлива проявляются еще два его преимущества перед нефтяным топливом: меньшая эмиссия выхлопных газов и более высокая эффективность автомобильных технологий. При сгорании

метанола в двигателях сгорания, наблюдается снижение выбросов углерода на 15-20% по сравнению с бензином. В качестве альтернативы сгоранию, метанол может быть использован в топливных элементах, которые по некоторым оценкам в 2,6 — 3,5 раза эффективнее двигателей внутреннего сгорания.

17. Прогнозы по развитию энергоисточников для транспорта

В последние годы практически во всех развитых странах проводятся масштабные научно-практические работы по получению и использованию других различных заменителей (спирты, эфиры, водно-топливные эмульсии, диметиловый эфир, биодизельное топливо, биогаз, водород и др.) моторных топлив ненефтяного происхождения, а также различных синтетических топлив, получаемых переработкой газов, горючих сланцев, биомассы и др., которые связаны с реализацией следующих технологий:

1. Разработка битуминозных песков или горючих сланцев и производство синтетической нефти из них.
2. Технология Coal to Liquid (CTL), основанная на переработке угля в жидкое топливо.
3. Технология Gas to Liquid (GTL), основанная на переработке природного газа в жидкое топливо.
4. Технология Biomass to Liquid (BTL), основанная на переработке биомассы в жидкое топливо (моторный этанол из кукурузы, сахарного тростника и целлюлозы, биодизель).

Однако сегодня человечеству беспокоят и проблемы обеспеченности источниками энергии в будущем. В этом плане выделяются четыре ключевые технологии, — это нано- и биотехнологии, информационные и когнитивные (технология сознания).

Занимательны также прогнозы ученых по следующим новым источникам энергии:

— лунный материал изотоп гелия — гелий-3, который является экологически чистым, его в количестве 30...50 тонн будет достаточно для обеспечения энергией потребности Земного шара в течение года, а запасы его достаточны более чем на 100 лет. Одна

тонна изотопа гелия — гелий-3 по энергии эквивалентна 14 млн. тонн нефти;

- управляемый термоядерный синтез;
- метаногидраты мирового океана, которые лежат на глубине 400...1000 метров в виде льда, добыча которого пока не освоена;
- микроскопические водоросли, производящие масло для получения топлив;
- микроорганизмы, способные вырабатывать углеводородную жидкость из различных бытовых отходов и др.

18. Современные концепции развития транспорта

Низкоуглеродные автомобили. Выбросы парниковых газов от транспорта могут значительно сократиться при снижении углеродоемкость поездок или перевозок. Само сокращение поездок иногда оправдано, но крайне маловероятно, что при ожидаемых моделях глобального экономического развития общий спрос не снизится. Поэтому технологические изменения имеют решающее значение. Превалирует точка зрения специалистов, что декарбонизация транспорта должна быть сосредоточена в первую очередь на повышении топливной эффективности обычных двигателей, а затем на постепенном внедрении альтернативных технологий.

Разработка эффективных и доступных решений для обеспечения внедрения низкоуглеродных технологий в соответствии с политическими устремлениями требует понимания того, как достигается экономии топлива, и особенно:

- факторы, влияющие на выбор автомобиля потребителем;
- факторы, влияющие на ассортимент предлагаемых автомобилей производителями;
- степени взаимодействие спроса и предложения, приводящее к неудовлетворительной экономии топлива по сравнению с целями изменения климата;

Современные процессы глобализации обусловлены, прежде всего модернизацией и переходом мировой экономики к новому технологическому укладу, который наряду с качественным обновлением технологической базы, повышением эффективности производства и конкурентоспособности экономики призван

обеспечить улучшение качества жизни и среды проживания или основаны на принципах устойчивого развития.

Данный подход, реализующий экономической политики «зеленого» роста («зелёная» экономика) официально принята Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) ООН в 2009 г. в качестве стратегического направления развития всех ее членов на долгосрочную (до 2030 г.) и более отдаленную (до 2050 г.) перспективу.

Европейская комиссия разработала и представила новую Стратегию устойчивой и умной мобильности, а также план действий, состоящий из 82 инициатив, которые будут определять работу Комиссии в транспортном секторе в течение следующих несколько лет. Стратегия закладывает основу для цифровизации европейской транспортной системы, а также для ее экологизации и устойчивости к будущим возможным кризисам, которая позволяет сокращение выбросов на 90% к 2050 году.

В стратегии определены инициативы в десяти ключевых областях, в числе которых повышение экологичности транспорта и создание подходящих условий для внедрения инноваций и цифровизации, а также представлены способы предотвращения возможных будущих потрясений.

Эти инициативы приведут к ряду важных изменений.

К 2030 году:

-высокоскоростное железнодорожное сообщение в Европе увеличится вдвое;

-коллективные поездки на расстояние менее 500 км должны стать углеродно-нейтральными;

-автоматизированная мобильность будет развернута в больших масштабах;

-на европейских дорогах будет эксплуатироваться не менее 30 миллионов автомобилей с нулевым уровнем выбросов;

-100 европейских городов будут климатически нейтральными;

-к выходу на рынок будут готовы морские суда с нулевым уровнем выбросов.

К 2035 году:

-к выходу на рынок будут готовы крупные воздушные суда с нулевым уровнем выбросов.

К 2050 году:

-объем железнодорожных грузоперевозок удвоится;

-мультимодальная сеть TEN-T для устойчивого и интеллектуального транспорта будет дополнена сетью высокоскоростных железных дорог;

-практически все автомобили, фургоны, автобусы, а также новые автомобили большой грузоподъемности будут иметь нулевые выбросы.

С другой стороны в мире наблюдается стремительный рост темпов конвергенции отраслей автотранспорта и информационно-коммуникационных технологий, что является необходимым условием повышения безопасности дорожного движения и развития устойчивого транспорта. В этом направлении наблюдается следующие главные тенденции: автомобиль становится браузером на колесах; развитие искусственного интеллекта для автоматизированного вождения; коллективное пользование автомобилями; развитие самостоятельных операторов виртуальных сетей подвижной связи (MVNO) производителями автомобилей; развитие беспроводной сети для обеспечения безопасности транспортных средств (рис.6.5).

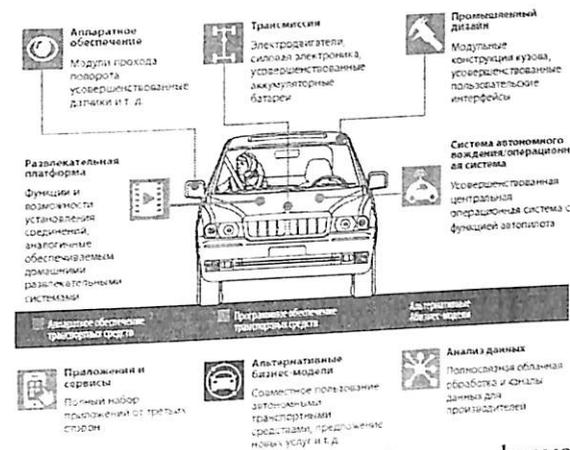


Рис. 6.5. Схема взаимосвязи автомобиля и информационно-коммуникационных технологий

Развитие указанных тенденций и реализация соответствующих мероприятий позволит устранить проблемы между

ростом городов и существующей транспортной инфраструктурой, приводящим к транспортным заторам и отрицательным воздействиям в окружающую среду. В развитых странах оказывают услуги автономной мобильности с использованием электрических транспортных средств, обладающих потенциалом создания индивидуализированных транзитных систем, доставляющих пассажиров по нужному маршруту с наименьшими затратами. Автономная мобильность транспортных средств обеспечивает их коллективную эксплуатацию и управление в единой экосистеме, оказывая различные услуги в рамках существующей системы общественного транспорта, что в конечном счете значительно уменьшает необходимость в личном транспортном средстве.

Глобальная скоростная транспортная инфраструктура Со времени изобретения колеса транспортные средства становились все более совершенными. При этом путешествия становятся короче, а отдаленные уголки Земли ближе. Если раньше требовались месяцы для того чтобы переплыть океан из Европы в Америку то завтра хватит и пары часов. Нынешнее столетие обещает нам новые прорывы в транспортной сфере.

По прогнозам человек выйдя из дома, может оказаться в любой точке мира через три-четыре часа. Динамично развивается как новые виды транспорта, так и новый подход к владению транспортными средствами.

Перемены обещает пятый вид транспорта, гиперпетля Илона Маска – Hyperloop. Ожидалось, что новым видом транспорта, очередным после водного, автомобильного, железнодорожного и авиационного, станут поезда на магнитной подушке. Но не смотря на уже достаточно отработанную технологию, а их разработкой занимаются в Германии, Корее и Японии, в коммерческую эксплуатацию маглевы (так теперь называются эти поезда) запущены только на участках небольшой протяженности. К примеру, открытая линия в международном аэропорту Инчхон, которая связывает его с развлекательным комплексом Yongyuoo-Mui, имеет протяженность всего 6,1 км.

От Hyperloop ожидают большего. При вводе в эксплуатацию первого коммерческого участка гиперпетли между Лос-Анжелесом и Сан-Франциско, то расстояние в 600 километров

будет преодолеваться всего за полчаса. Скорость при этом может достигать 1300 км/ч. Такой же проект реализован в железной дороге Ливерпуль – Манчестер.

Большие расстояния будут преодолены сверхзвуковыми и гиперзвуковыми пассажирскими лайнерами (проекта Larcac II), которые смогут развить скорость в 8 раз превышающую скорость звука. Рейс из Брюсселя в Сидней у него займет чуть меньше 3 часов, против обычных 22 часов которые требуются Boeing 747.

Устойчивое развитие придает общественному транспорту новый импульс, поскольку основная его цель заключалась в уменьшении зависимости от автомобилей и обеспечении мобильности значительной части населения. Однако это чрезвычайно сложная задача, учитывая всемирную известность автомобилей. Следует признать, что эта известность является результатом многих положительных факторов, благоприятствующих автомобилю, таких как гибкость, удобство и относительно низкие затраты на владение и эксплуатацию. По мере того, как средний доход мирового населения увеличивается, давление на владение автомобилями сохраняется. Таким образом, могут быть предоставлены альтернативы, если они окажутся рентабельными при удовлетворении спроса. Они могут включать:

- Энергоемкость транспортных средств и углеродоемкость топлива. Транспортные средства - это первый элемент транспортного предложения, в котором могут быть реализованы более устойчивые улучшения. Это тот аспект, в котором декарбонизация транспорта может привести к наиболее ощутимым результатам. Существует множество стратегий, таких как использование более легких материалов (например, композитов) для производства транспортных средств или более эффективных или новых технологий для двигателей. Материал, интенсивность среднего автомобиля 1,5 тонны остается значительной, так как сталь и пластик могут составлять 75% от его массы. Из-за своей сложности и связанных цепочек поставок автомобиль является объектом экономики замкнутого цикла, с точки зрения возможности повторного использования и переработки транспортных средств, деталей и материалов. Топливо также можно улучшить, используя такие альтернативы, как природный газ, биотопливо, электричество или водород.

• Уплотнение и агломерация . Более высокий уровень концентрации деятельности обычно приводит к более эффективному использованию транспорта из-за меньших расстояний. Таким образом, пространственные структуры, такие как логистические зоны или развитие, ориентированное на транзит, могут привести к сокращению количества поездок на автомобиле. Они также могут побуждать к использованию видов транспорта, более склонных к экономии за счет масштаба (большее количество пассажиров или единиц груза на загрузку или наземную единицу) в качестве экономически эффективных альтернатив. С рыночными сигналами, связанными со стоимостью земли, уплотнение и агломерация часто диктуют более эффективное и более плотное использование.

• Транспорт, соответствующий контексту . Виды транспорта и инфраструктура должны разрабатываться и использоваться в том контексте, в котором они наиболее подходят. Однако актуальность конкретных транспортных систем для контекстов, связанных с конкретными услугами, является предметом дискуссий, поскольку это отражает общественные ценности и приоритеты. И общественные, и частные виды транспорта должны выполнять свои функции. В последние десятилетия наблюдается значительный рост индивидуальной мобильности, несмотря на все усилия по развитию общественного транспорта. В контексте Северной Америки продвижение общественного транспорта имеет ограниченный успех.. Следовательно, общественный транспорт, будучи менее гибким, должен играть дополнительную роль. Расширение и развитие систем общественного транспорта должны обеспечивать эффективное использование городского пространства с учетом ряда факторов, включая городскую форму, плотность и модальные предпочтения. При этом автопарки и сети должны обеспечивать определенный уровень гибкости при одновременном обеспечении низких затрат на перевозку пассажиров. Для сравнения, методы улучшения и модернизации существующих услуг общественного транспорта должны включать улучшение охвата и качества услуг, а также увеличение частоты там и тогда, когда это наиболее необходимо (в часы пик). Аналогичное наблюдение применимо и к распределению грузов, поскольку доступен ряд режимов для различных цепочек

поставок. Не всегда существует идеальная настройка, в которой следует использовать режим.

• N видов моторизованного транспорта. Интеграция отдельных видов немоторизованного транспорта, такого как ходьба и езда на велосипеде, может обеспечить доступ к магазинам, школам и работе для растущей доли населения. Кроме того, для городов, которые борются с серьезными пробками на дорогах и загрязнением воздуха, немоторизованный транспорт следует рассматривать как альтернативу частным транспортным средствам или, по крайней мере, в качестве дополнения к ним, одновременно выступая в качестве важного звена в интегрированной системе общественного транспорта. В то время как езда на велосипеде может быть сложной задачей для продвижения и интеграции в городской транспорт (например, из-за сложных погодных условий, таких как зима или чрезмерная жара), существует очевидная и неудовлетворенная потребность в лучшей интеграции пешеходных движений в здоровый городской дизайн и архитектуру. Что касается грузовых перевозок, то немоторизованные виды транспорта гораздо более ограничены по мощности и дальности.

5. Стремление к декарбонизации. Низкоуглеродная технология транспорта направлено на сокращение, смягчение и даже устранение выбросов углерода за счет адаптации транспортной инфраструктуры, транспортных средств и операций.

Концепция устойчивого транспорта получила широкое признание в качестве цели и фигурирует в экологических программах многих правительств и корпораций. Тем не менее, устойчивый транспорт остается труднодостижимым, поскольку он не предлагает четких руководящих принципов, а в основном представляет собой призывной характер, позволяющее заинтересованным сторонам оставаться неопределенными в своих обязательствах и усилиях. Например, в 2015 году ООН сформулировала 17 целей в области устойчивого развития, охватывающих широкий круг вопросов, начиная от сокращения экономического и гендерного неравенства до искоренения нищеты и голода. Транспорт не был определен как отдельная цель устойчивого развития, даже если на него приходится около четверти глобальных выбросов CO₂. Кроме того, эти цели не

имеют заявленного приоритета и, следовательно, подлежат интерпретации.

С начала 2000-х годов произошло переосмысление целей устойчивого развития в транспортном секторе в сторону более осязаемой стратегии с акцентом на углерод. Это в основном сформировалось вокруг декарбонизации транспорта, что помогает сформулировать подходы к не возобновляемым источникам энергии.

Эта концепция не подрывает цель перевозки, заключающуюся в обеспечении мобильности пассажиров и грузов, но то, что углеродный след транспортной деятельности должен быть резко уменьшен.

Беспилотные транспортные средства(робомобиль). Эти транспортные средства, оборудованные системой автоматического управления, которые могут передвигаться без участия человека, благодаря специальному программному обеспечению и сенсорам.

По прогнозам развитие средств передвижения, не требующих человеческого вмешательства, расширит круг их пользователей с одной стороны и на беспилотных машинах смогут ездить люди с ограниченными возможностями и пожилые. Кроме этого крупнейшие компания начала использовать беспилотные грузовики. Основными рынками ускоренного внедрения автономного вождения будут США, Китай и Европа.

Беспилотные транспортные средства шесть уровней (0, 1, 2, 3, 4, 5) автономности машин. **Нулевой уровень автономности** — обычный круиз-контроль, способный поддерживать заданную скорость. **Первый уровень автономности** — это активный круиз-контроль, когда машина поддерживает дистанцию и способна самостоятельно тормозить или ускоряться в зависимости от того, как движется автомобиль перед ней. **На втором уровне автономности** транспортное средство может самостоятельно разгоняться, тормозить и самостоятельно управлять рулем только в пределах заданной полосы движения.

На третьем уровне стирается грань между существующими технологиями и технологиями, позволяющими предполагать, что автомобиль не требует постоянного внимания человека — водитель может не держать руль постоянно. Но на данном уровне

автопилот действует только в идеальных дорожных условиях, и производители рассчитывают, что человек сможет вмешаться в ситуацию в любое время — например, если есть угроза аварии. Автомобиль **четвертого уровня автономности** может самостоятельно доехать до пункта назначения, но только при идеальных условиях. Если начнется дождь или снег, водителю придется взять управление машиной на себя.

Пятый уровень — автомобиль, которому вовсе не требуется водитель.

Список использованной литературы

1. Концепция Стратегии развития Республики Узбекистан до 2035 г. Ташкент: МННО BUYUK KELAJAK, 2018. – 486 с.
2. Указ Президента Республики Узбекистан от 01.02.2019 г. №УП-5647 «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта».
3. Постановление Президента Республики Узбекистан от 04.10.2019 г. №ПП-4477 «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов».
4. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 20.10.2018 г. №841 «О мерах по реализации национальных целей и задач в области устойчивого развития на период до 2030 года».
5. Rodney Tolley. Sustainable Transport. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. – 740 p.
6. Barry Hutton. Planning Sustainable Transport.-New York: Routledge, 2013. – 440 p.
7. Gudmundsson H., Hall R.P., Marsden G., Zietsman J. Sustainable transportation. Indicators, frameworks and performance management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. – 304 p.
8. Golinska-Dawson Paulina, Hajdul Marcin. Sustainable Transport. New Trends and Business Practices. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 346 p.
9. Zeimpekis V., Aktas E., Bourlakis M., Minis I. Sustainable Freight Transport. Theory, Models and Case Studies. Springer International Publishing, 2018. – 178 p.
10. Eiichi Taniguchi, Russell G. Thompson. Innovations in City Logistics. Nova Science Publishers, 2008. – 605 p.
11. Marinov Marin, Piip Janene Kay. Sustainable Rail Transport. Springer International Publishing, 2020. – 310 p.
12. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.
13. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочник. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006. – 413 с.
14. Эргашев А.Э., Руденко И., Давлетова С. Основы устойчивого развития и природопользования. –Ташкент: Vaktria press, 2016. – 296 с.
15. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. – Т.: Chinor ENK, 2012. – 216 с.
16. Базаров Б.И., Калауов С.А., Ахматжанов Р.Н. Устойчивый транспорт. Учебное пособие. –Ташкент: Изд-во ТГТУ, 2021. -186 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А

Ученые и специалисты, внесшие значительный вклад по использованию альтернативных моторных топлив в Узбекистане

Салимов Акил Умурзакович

Академик Академии Наук Республики Узбекистан, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки Узбекистана Акил Умурзакович Салимов родился 24 декабря 1928 г. в г. Ташкенте.



Защитив в 1953 г. кандидатскую диссертацию и в 1978 г. докторскую диссертацию «Вопросы теории электрического распыливания жидкостей и интенсификации процессов сгорания жидких топлив в тепловых двигателях» в Московском автомобильно-дорожном институте он всегда поддерживал все новые начинания в области создания научных основ повышения экономичности автотракторных двигателей за счет повышения эффективности сгорания топлив, теплообменных процессов, рекуперации энергии торможения, включая использование альтернативных моторных топлив.

Будучи, работая на различных руководящих должностях Акил Умурзакович внес неоценимый вклад в развитие системы высшего образования, в подготовке научно-педагогических кадров для Узбекистана, а также в социально-экономической реформе Узбекистана, где положены высокие духовно-нравственные качества, укрепление независимости, патриотическое воспитание, любовь к своей Родине, и славному историческому прошлому и великому будущему, уважение к другим национальностям, достижениям мировой цивилизации.

Он всегда был добрым и справедливым наставником, образцом скромности, патриотом своего народа.

Под его руководством подготовлены докторские диссертации, включая по использованию альтернативных моторных топлив (Багдасаров Альберт Михайлович, Мусурманов Равшан Курбанмуратович, Имомов Шавкат Жаханович и др.)

Муталибов Абдусалом Абдуганиевич

Доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Узбекистана, Лауреат Государственной премии имени А.Р. Беруни и премии Совета Министров, Участник Великой отечественной войны, первый ректор и организатор Ташкентского автомобильно-дорожного института Абдусалом Абдуганиевич Муталибов родился 15 июля 1921 г. в г. Ташкенте.



Он является основателем научной школы альтернативных моторных топлив и совершенствование показателей двигателей внутреннего сгорания на неустановившихся режимах работы в Средне-Азиатском регионе.

Под его научным руководством велись научные разработки по использованию сжиженного нефтяного газа, сжатого природного газа, газовых конденсатов, водно-топливных эмульсий в качестве моторного топлива.

В созданном под его руководством научной школой подготовлены: докторские диссертации (Мурашов О.Д., Пьядичев Э.В., Базаров Б.И.), кандидатские диссертации (Маннанов Н.Н., Мирюнусов М.М., Солиев Ш.С., Тоиров С.М., Рахметов Б.Р., Каримов А.Г., Капкаев Р.А., Абдурахмонов А.А., Махмудов Г.Н., Валитов Р.Р., Хаваджи Э.Ф., Сартаев П.М., Валлер Н.П., Сенчило А.Г., Мирзаев М. Р., Базаров Б.И., Алимухаммедов А.А., Алиев Р.Н., Родионов В. А.)

Данная научная школа работала в тесной взаимодействии с НАМИ (к.т.н. Гольдблат Илья Иссакович), ВНИИГАЗ (д.т.н. Васильев Юрий Николаевич), МАМИ (профессор Ерохов Виктор Иванович), СредАЗНИИГаз (доцент Шубин Виктор Васильевич).

Ерохов Виктор Иванович

Доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор Московского автомобильного института Виктор Иванович Ерохов родился 7 сентября 1940 г. Защитив в 1979 г. кандидатскую и в 1997 г. докторскую диссертацию в Московском



автомеханическом институте стал признанным ученым в области рабочих процессов транспортных двигателей, альтернативных видов топлив, компьютерных технологий автотранспорта, экологии и эксплуатации автомобильного транспорта.

Он свою активную научную деятельность ведет в сотрудничестве с ведущими двигателестроительными и автомобильными заводами и научно-исследовательскими институтами автомобильной промышленности РФ (АО "КамАЗ", ОАА ЗМЗ, ОАА ГАЗ, АО ВАЗ, ОАО "ПЕКАР", АО ЦНИТА, НАМИ, ВНИИГАЗ, НИКТИД и др).

Ерохов А.И. активно консультировал ученых и специалистов Узбекистана в 70-годы когда начали поступать для эксплуатации газобаллонные автомобили ГАЗ и ЗИЛ и с тех пор является постоянным и надежным научным консультантом молодых ученых Узбекистан по повышению энергетической и экологической эффективности эксплуатации автомобильного транспорта.

Урисов Шамиль Джанабаевич

Председатель правления ООО КТБ "Автосозлаш" Шамиль Джанабаевич Урисов родился 2 июля 1955г. в г. Ташкенте, выпускник Ташкентского автомобильно-дорожного института, создатель общепризнанной организации в Узбекистане, которая занимается комплексно с проблемами внедрения и эксплуатации различных газобаллонных автомобилей.

Под его руководством разрабатывается и внедряется в производство конструкторско-технологические оборудования, нормативно-технические документации, различные программы и методы испытаний различных газобаллонных оборудования, а также с учетом международного опыта постоянно совершенствуется их эксплуатация с учетом климатических условий Республики.

Шамиль Джанабаевич Урисов имеет неоценимую заслугу по интеграции образования, науки и производства, оказывает всевозможную



научно-техническую помощь молодым ученым и специалистов для достижения своих целей.

Васидов Абдухалил Хасанович

Председатель правления ООО "Далварзин таъмирлаш заводи", доктор философии по техническим наукам (PhD) Абдухалил Хасанович Васидов родился 16 октября 1962 г. в Ташкентской области, выпускник Ташкентского автомобильно-дорожного института, создатель производства общепризнанной технологии в Узбекистане по переводу различных дизелей на питание сжатым и сжиженным природным, а также сжиженным нефтяными газами по однопаливной (монопаливной) систем питания.

Под его руководством впервые в Узбекистане проведены комплексные испытания и внедрение в производство научно-практических решений по переводу дизельных колесных тракторов и большегрузных автосамосвалов на питание сжатым природным и сжиженным нефтяном газами по однопаливной системы питания.

Разработанная технология нашла свое применения и для таких дизельных автомобилей, как МАЗ, КамАЗ, MAN, SHACMAN, БелАЗ и др.

Абдухалил Хасанович Васидов всегда стремится к инновационным решениям в области использования альтернативных моторных топлив и оказывает неоценимую поддержку молодым ученым и специалистам, студентам для достижения своих научно-технических целей.

Базаров Бахтиёр Имамович

Доктор технических наук, профессор Базаров Бахтиёр Имамович родился 25 декабря 1946 г. в Жондорском районе Бухарской области в семье Хожал опа и Имам ака.

Отец Имам ака-Мулла Бозор Охун и дедушка-Мулла Эргаш Охун были образованными людьми и всегда занимались начальном



обучением детей на староузбекском письменности.

Под научным руководством профессора Муталиба А.А. защитив в 1985 г. кандидатскую диссертацию (Работа газового автомобильного двигателя с различными типами систем топливоподачи при переходных процессах) и докторскую диссертацию (Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив) в 2006 г. внес определенную лепту в развитие применения различных альтернативных моторных топлив в Узбекистане.

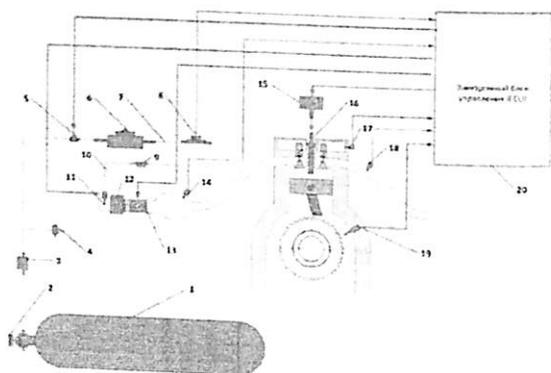
Базаров Б.И. всегда стремился направить свою образовательную

и научную деятельность на развитие интеграции образования, науки и производства; тесного взаимодействия зарубежных и отечественных родственных образовательных учреждений; создание комфортных условий для трудовой деятельности молодых специалистов.

Основные публикации Базарова Б.И. размещены на сайте twirpx.com

Приложение Б

Примерный состав газобаллонного оборудования для дизелей на питание сжатым природном газом



1. Баллон для сжатого газа; 2. Вентиль баллонный; 3. Фильтр высокого давления; 4. Заправочный клапан; 5. Отсечной клапан; 6. Редуктор-подогреватель; 7. Трубопровод; 8. Датчик температуры и давления газа; 9. Фильтр низкого давления; 10. Трубопровод

- газового инжектора; 11. Газовый инжектор; 12. Сопло Вентури; 13. Дроссельная заслонка; 14. Датчик температуры и давления впускного трубопровода; 15. Катушка зажигания; 16. Свеча зажигания; 17. Датчик положения распределительного вала; 18. Датчик кислорода; 19. Датчик положения коленчатого вала; 20. Электронный блок управления.

Приложение В

Расчет эффективности перевода дизелей на питание сжатым природном газом

Составляющих статьей сравнительной эффективности перевода дизелей на питание сжатым природном газом для производителя и эксплуатационника можно выразить схематически (рис. 1ПВ)

Обоснование экономической эффективности газобаллонных колесных транспортных средств (КТС), ее себестоимости необходимо для формирования рыночных цен и расчетов затрат на производство (перевод), а также позволит моделировать их цены в зависимости от требования пользователя (эксплуатационника).



Рис.1 ПВ. Общая эффективность проводимых исследований

Во многих случаях сравнительные расчеты энерго-экологической эффективности газовых двигателей выполняются по результатам экспериментальных исследований (таб.1 ПВ)

Таблица 1 ПВ.

Сравнительные расчеты энергоэкологических показателей трактора ТТЗ-80.11+ПАР-3.0

№	Показатели	Ед.измерения	Двигатель	
			Дизель	Газовый
1	Количество израсходованной энергии за 1 га обработки земельного участка - дизельного топлива (42,5 МДж/кг) - природного газа (49 МДж/кг)	Мдж/кг	1605 -	- 1291
2	Выбросы вредных веществ с отработавшими газами: - окиси углерода - окислы азота - углеводороды - сажа - суммарные	г/кг (г/га)	23 (865) 41 (1542) 30 (1128,3) 7,6 (285,8) 101,6(3821,1)	8 (211,3) 13 (343,5) 25 (660,5) - 46 (1215,3)
3	Экологический ущерб	у.е./га	465	91
4	Предотвращенный экологический ущерб	у.е.	-	374

Приложение Г

Программа обучения кадров по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и их эксплуатации

I. Программа обучения слесарей и инженерно-технических работников по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и техническому освидетельствованию газовых баллонов сжатого природного и сжиженного нефтяного газов

Настоящая программа предназначена для обучения инженерно-технических работников и слесарей по переоборудованию

автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов сжатого природного газа (СПГ) и сжиженного нефтяного газа (СНГ). Данная программа является дополнительной к основной программе по подготовке вышеуказанных базовых специалистов и охватывает вопросы переоборудования автомобилей в газобаллонные, ремонта и технического освидетельствования газовых баллонов.

Вид обучения с отрывом от производства и проводимые занятия состоят из теоретических и практических видов, а также стажировки на действующих предприятиях.

По окончании обучения производится тестирование слушателей и успешно окончившим курсы выдается сертификат установленного образца с указанием профессий работающих согласно Классификатора основных должностей служащих и профессий рабочих.

Характеристики работ: производство разборочно-сборочных, регулировочных, испытательных работ по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов сжатого природного газа (СПГ) и сжиженного нефтяного газа (СНГ). Техническое обслуживание и ремонт газобаллонного оборудования (ГБО), газовых двигателей и их систем. Определение неисправностей и отказов газобаллонных автомобилей (ГБА) и их устранение.

Должен знать: Основные физико-химические свойства СПГ и СНГ. Конструкцию (устройство), принцип работы ГБО. Функциональные схемы, принцип работы агрегатов, узлов, контрольно-измерительных элементов ГБО, ГБА. Особенности разборки, сборки, монтажа агрегатов и узлов ГБО на автомобиле. Испытание ГБО, техническое освидетельствование газовых баллонов СПГ и СНГ. Порядок пуска двигателя на СПГ, СНГ, регулировки.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Наименование тем	Количество учебных часов для					
		слесарей			ИТР		
		Всего	в т.ч.		Всего	в т.ч.	
			теор.	практ.		теор.	практ.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение. Свойства сжатого природного газа (СПГ) и сжиженного нефтяного газа (СНГ). СПГ и СНГ качестве моторного топлива.	2	2	-	4	4	-
2	Конструкции и принцип работы газобаллонных автомобилей (ГБА)	10	4	6	10	6	4
3	Производства (центры, станции) по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов СПГ и СНГ, технология и оборудования для их выполнения. Руководящие документации. Основы стандартизации, метрологии и сертификации	4	4	-	4	4	-
4	Разборочно-сборочные, механические, сварочные и испытательные работы по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов. Характерные неисправности ГБО и способы их устранения	30	6	24	20	4	16
5	Устройства и принцип работы газозаправочных станций (АГЭС и АГНКС)	3	3	-	3	3	-
6	Охрана труда, правила техники безопасности и пожаровзрывобезопасности, электробезопасность в процессе переоборудования автомобилей в газобаллонные и техническом освидетельствовании газовых баллонов. Возможные несчастные случаи и аварии. Оказание первой (доврачебной) помощи пострадавшим при несчастных случаях.	10	8	2	10	8	2

7	Стажировка на действующих предприятиях (однедневная)						
8	Тестирование (экзамен) на допуск к самостоятельной работе	1.0	-	1.0	1.0	-	1.0
ИТОГО:		60*	30	30	52*	29	23

* – время на стажировки не учтено

Тема 1. Введение. Свойства сжатого природного газа (СПГ) и сжиженного нефтяного газа (СНГ). СПГ и СНГ в качестве моторного топлива

Цели и задачи настоящего обучения, ознакомление слушателей с программой обучения и правилами внутреннего распорядка центра подготовки, а также руководящими нормативными документациями. Энергетические и экологические значения использования СПГ и СНГ в качестве моторного топлива. Преимущества и недостатки применения СПГ и СНГ в качестве топлива на транспорте. Основные физико-химические свойства СПГ и СНГ. Теплотворная способность, октановое число, пределы воспламеняемости, компонентный и элементарный составы. Влияние температуры и давления на свойства СПГ и СНГ. Источники получения СНГ и СПГ. Действия СПГ и СНГ на организм человека. Одоризация газов. Процессы горения и продукты горения СПГ и СНГ.

Тема 2. Конструкции и принцип работы газобаллонных автомобилей (ГБА)

Принципиальные схемы, устройства газобаллонных оборудований (ГБО) на СПГ и СНГ автомобилей с двигателями с искровым зажиганием и дизелями. Назначение и принцип работы и конструкции агрегатов, узлов контрольно-измерительных приборов и элементов ГБО.

Конструкции грузовых и легковых автомобилей на СПГ и СНГ. Конструкции автобусов, спецтранспорта, работающих на СПГ и СНГ.

Газовые баллоны СПГ и СНГ, устанавливаемые на автотранспорте, их назначение, место установки, устройство, способы крепления, техническая характеристика. Основные браковочные показатели газовых баллонов. Техническое освидетельствование газовых баллонов. Арматура, устанавливаемая на газобаллонных автомобилях.

ливаемая на баллонах. Вентили, манометры, штуцера, контроль уровня газа СНГ. Методы проверки герметичности соединений. Газовые фильтры с электромагнитными клапанами, их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения. Предохранительные и скоростные клапана, назначения, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Испарители, подогреватели газа, назначение, место установки, устройства, принцип работы, основные неисправности порядок их устранения.

Газовые редуктора высокого (одноступенчатого) к низкого (двухступенчатого) редукторов и трехступенчатый газовый редуктор-испаритель, назначения, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Дозирующе-экономайзерное устройство, его назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовый смеситель (карбюратор-смеситель), его назначения, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Соединительные детали, газопроводы, газоотводные шланги и муфты, шланги, штуцера, ниппеля, гайки, муфты и др., их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Переключатели вида топлив, их назначение, место установки, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Электронные оборудование ГБО, их назначение, место установки, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Инжекторные системы питания ГБО. Сигнализаторы утечки газов.

Основы стандартизации и метрологии и их место в обеспечении качества выпускаемой продукции и оказания услуг.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ: Показ слушателям ГБО различных моделей для легковых и грузовых автомобилей, автобусов. Произвести разборочные, сборочные и регулировочные работы по основным агрегатам и узлам ГБО.

Тема 3. Производство (центры, станции) по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов СПГ и СНГ, оборудования для их выполнения

Производственные здания, помещения, предназначенные для выполнения работ по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов СПГ и СНГ. Производственные участки, оборудования, другие средства для выполнения этих работ. Организационная структура и взаимосвязь производственных участков. Технологические процессы, выполняемые на производственных участках по переоборудованию автомобилей в газобаллонные, техническому освидетельствованию газовых баллонов. Нормативные и руководящие документации.

Основные положения стандартизации, международные, государственные стандарты по газовым топливам и газобаллонным оборудованям. Основы метрологии, метрологическая аттестация измерительных приборов, оборудований и технологий. Основы сертификации, правила и порядок проведения сертификационных испытаний.

Тема 4. Разборочно-сборочные, механические, сварочные и испытательные работы по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и техническому освидетельствованию газовых баллонов СПГ и СНГ

Порядок выполнения работы, связанной с переоборудованием автомобилей в газобаллонные и техническим освидетельствованием газовых баллонов СПГ и СНГ.

Приемка автомобилей на переоборудование, разборка, изготовление крепежных элементов, подготовка мест креплений ГБО, монтаж агрегатов и узлов ГБО, испытание собранного ГБО

согласно методики, испытание и регулировка ГБА на газе. Основные отказы и неисправности узлов, деталей ГБО в процессе их испытаний. Признаки и причины данных отказов, неисправностей, пути их устранения.

Общие требования. Приемка. Снятие арматуры. Ремонт, испытание, регулировка арматуры. Пропарка (промывка) баллона. Внутренний осмотр. Взвешивание баллона. Контроль емкости (объема) баллона. Гидравлическое испытание. Установка арматур на баллоны. Предельные моменты при сборке арматуры. Пневмоиспытание баллона в сборе. Клеймение. Оформление результатов испытаний. Забраковка. Окраска. Выдача готового баллона. Хранение баллонов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ: Ознакомление и принятие участия при выполнении конкретных работ по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и техническом освидетельствовании газовых баллонов на действующих передовых предприятиях.

Тема 5. Устройства и принцип работы газозаправочных станций

Автомобильные газозаправочные станции (АГЗС).

Автомобильные газонаполнительно-компрессорные станции (АГНКС). Стационарные и передвижные АГЗС и АГНКС. Составляющие системы АГНС и АГНКС. Порядок заправки автотранспортной техники АГНС и АГНКС.

Тема 6. Охрана труда, правила техники безопасности и пожаровзрывобезопасности, электробезопасность в процессе переоборудования автомобилей в газобаллонные и техническом освидетельствовании газовых баллонов

Законодательство в области охраны труда. Термины определения, отношения к основным понятиям в области безопасности труда. Понятие об охране труда, опасных и вредных производственных факторах. Организация службы охраны труда на предприятии. Ответственность руководителей за соблюдение норм и правил охраны труда. Назначение центра (станции) по переоборудованию автомобилей в газобаллонные и техническому освидетельствованию газовых баллонов СПГ и СНГ. Сведения о ЗРУ-57 и несчастных случаях, происшедших с газовыми и кислородными баллонами.

Определение производственного травматизма и профзаболеваний. Безопасные приемы и методы работ. Взрывобезопасный инструмент и оборудования. Санитарно-гигиенические требования к устройству производственных помещений. Отопление, вентиляция, освещение, канализация. Устройство санитарно-бытовых помещений. Назначение и применение предохранительных приспособлений, специальной одежды и средств индивидуальной защиты нормы и сроки их носки, хранение, содержания.

Организация и содержание рабочего места. Подготовка рабочего места для безопасной и производительной работы. Причины возникновения пожара. Средства пожаротушения. Устройство огнетушителей, правила пользования ими.

Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений электрическим током, меры и способы защиты от поражения.

Причины возникновения несчастных случаев не производстве. Способы оказания первой (доврачебной) помощи при несчастных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безопасности в газовом хозяйстве
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
3. Правила по охране труда на автомобильном транспорте – М.: Транспорт, 1980. – 93 с.
4. Правила технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1972. – 33 с.
5. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1985. – 351 с.
6. СНиП-37-76. Нормы проектирования. Газоснабжения. Внутренние и наружные устройства.
7. ГОСТ 12.2.037-78 ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности.

8. ГОСТ 12.1.044-84 ССБТ. Пожаровзрывоопасность и материалов. Номенклатура проектирования. Газоснабжения. Внутренние и наружные устройства.

9. Переоборудование автомобилей для работы СПГ и СНГ.

Правила 67, 110, 115 ЕЭК ООН

О'z DSt 1081:2005; О'z DSt 1082:2005; ТУ152-12-007-99; Тsh 20.1-12:2000 ТУ152-12-008-99; Тsh 20-416:2002/

10. Испытание газовой системы питания газобаллонных автомобилей:

МУ152-12-010-99.

11. Освидетельствование газовых баллонов:

ГОСТ Р 51753-2001, ГОСТ 949-73, ГОСТ 9731-79

II. Программа обучения слесарей и инженерно-технических работников по эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном и сжатом природном газах

Настоящая программа предназначена для обучения специалистов-водителей, слесарей и инженерно-технических работников по эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном (СНГ) и сжатом природном (СПГ) газах. Данная программа является дополнительной к основной программе по подготовке вышеуказанных базовых специалистов и охватывает вопросы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей.

Вид обучения с отрывом от производства и проводимые занятия состоят из практических и теоретических видов, а также стажировки для слесарей и инженерно-технических работников на действующих предприятиях.

По окончании обучения производится тестирование слушателей и успешно окончившим курсы выдается сертификат установленного образца с указанием профессий работающих согласно Классификатора основных должностей служащих и профессий рабочих.

Характеристики работ: Производство технических осмотров, разборочно-сборочных, регулировочных, испытательных работ по

эксплуатации газобаллонных автомобилей. Техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р) газобаллонных автомобилей (ГБА), двигателей и их систем. Определение неисправностей и отказов газобаллонных автомобилей и их устранения.

Должен знать: Основные физико-химические свойства СПГ и СНГ. Конструкцию (устройство), принцип работы газобаллонных оборудований (ГБО). Функциональные схемы, принцип работы агрегатов, узлов, контрольно-измерительных элементов ГБО. Особенности разборки, сборки, монтажа агрегатов и узлов ГБО на автомобиле. Испытание ГБО, техническое освидетельствование газовых баллонов СПГ и СНГ. Порядок пуска двигателя на СПГ, СНГ, регулировки, устранения неисправностей.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Наименование тем	Количество учебных часов для					
		слесарей			ИТР		
		Всего	в т.ч.		Всего	в т.ч.	
теор.	практ.		теор.	практ.			
		3	4	5	6	7	8
1	Введение. Сжиженный нефтяной (СНГ) и сжатый природный (СПГ) газы в качестве топлива для автомобилей. Физико-химические и теплотехнические свойства углеводородных газов СНГ и СПГ.	4	4	-	4	4	-
2	Конструкции газобаллонных оборудований для автомобилей, работающих на СНГ и СПГ. Основы стандартизации, метрологии и сертификации.	20	12	8	16	10	6
3	Общие сведения о заправочных станциях для СНГ и СПГ (АГЗС и АГНКС)	4	4	-	4	4	-
4	Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт работающих на СНГ и СПГ. Характерные неисправности и отказы газобаллонного оборудования. Регулировочные работы ГБА.	21	11	10	17	10	7
5	Правила техника безопасности, пожаровзрывоопасности и охраны труда при эксплуатации, техническом обслуживании и	10	10	2	10	10	2

	ремонте газобаллонных автомобилей. Оказание первой помощи при несчастных случаях						
6	Стажировка на действующих предприятиях (однонедельная)	-	-	-	-	-	-
7	Тестирование	1	-	-	1	-	-
ИТОГО:		60*	42	18	52*	38	15

*время стажировки не учтено

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Тема 1. Введение. Сжиженный нефтяной и сжатый природный газы в качестве топлива для автомобилей. Физико-химические и теплотехнические свойства СНГ и СПГ

Цели и задачи настоящего обучения, ознакомление слушателей с программой обучения и правилами внутреннего распорядка. Энергетические и экономические значения использования газообразных топлив в качестве моторного топлива. Преимущества и недостатки газообразных топлив в качестве топлива на транспорте. Основные показатели нефтегазовой промышленности Узбекистана.

Понятие о параметрах состояния веществ. Различные процессы, происходящие в сосудах, трубопроводах. Единицы измерения давления, температуры. Приборы для измерения давления, температуры. Манометры пружинные и жидкостные. Приборы для измерения расхода газа и мерные устройства.

Основные свойства (компонентный состав, теплота сгорания, температура пламени, температура воспламенения, плотность, пределы воспламеняемости и взрываемости, октановое число) газообразных углеводородных топлив (СНГ и СПГ). Некоторые их отличительные свойства по сравнению со стандартными жидкими нефтяными топливами. Качество газа заправляемого в баллоны автомобиля. Допустимое содержание компонентов газа, заправляемого в баллоны автомобиля.

Действие паров газа на организм человека. Одоризация газов. Нормы одоризации. Нормированные показатели газов в соответствии с их паспортом, как топливо для газобаллонных автомобилей.

Процесс горения газов. Полное и неполное сгорания газов. Особенности образования газозвушных смесей. Количество

воздуха или кислорода, необходимое для полного сгорания единицы газов. Состав продуктов сгорания газозвушных смесей и их действие на организм человека и окружающую среду.

Тема 2. Конструкции газобаллонных оборудования для бензиновых и дизельных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном (СНГ) и сжатом природном (СПГ) газе

2.1. Принципиальные схемы газобаллонных оборудований (ГБО) для автомобилей с искровым зажиганием, работающих на СНГ. ГБО для легковых, грузовых и специальных автомобилей.

Газовые баллоны СНГ, устанавливаемые на автомобилях, их назначение, место установки, устройство, техническая характеристика. Основные неисправности баллонов, порядок их устранения. Ремонт и техническое освидетельствование баллонов СНГ. Арматура, устанавливаемая на баллонах: расходный и наполнительные вентили, предохранительный и контрольный клапана, наполнительный наконечник (штуцер), их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности, порядок их устранения. Узел датчик контроля уровня газа. Методы проверки герметичности соединений.

Газовый фильтр с электромагнитным клапаном, его назначения, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Испаритель газа, назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности, порядок их устранения.

Газовый редуктор двухступенчатый (низкого давления), назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовые инжекторы назначения, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения. Электронное оборудование ГБО, их назначение, место установки, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Показать слушателями ГБО СНГ различных конструкций. Произвести разборочные, сборочные и регулировочные работы по основным агрегатам (газовый редуктор, клапана, трубопроводы и др.) газобаллонного оборудования.

2.2. Принципиальные схемы газобаллонных оборудований (ГБО) для автомобилей с искровым зажиганием на СПГ. ГБО для легковых, грузовых и специальных автомобилей, автобусов. ГБО для стационарных установок.

Газовые баллоны высокого давления СПГ, устанавливаемые на автомобилях, их назначение, места установки, устройство, техническая характеристика. Основные выбраковочные причины баллонов. Техническое освидетельствование газовых баллонов СПГ.

Арматура, устанавливаемая на баллонах: тройники, вентили, предохранительный и скоростной клапана, манометр высокого давления, их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности арматуры, порядок их устранения. Методы проверки герметичности соединений.

Газовый редуктор (одноступенчатый) высокого давления с подогревателем, назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовой фильтр с электромагнитным клапаном, его назначение, места установки, устройство, принцип работы основные неисправности и порядок их устранения.

Газовой редуктор двухступенчатый (низкого давления) и трехступенчатый, назначение, места установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Дозирующее-экономайзерное устройство, его назначение, места установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовый смеситель (карбюратор-смеситель), его назначение, места установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовые инжекторы назначения, место установки устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Соединительные детали и газопроводы. Штуцеры, ниппели, шланги, гайки, муфты, хомуты, трубки и др., их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Переключатели вида топлив, их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Отличительные конструктивные особенности ГБО грузовых автомобилей, автобусов. ГБО работающих на газе среднего давления. Электрические и электронные оборудования для ГБО, их назначение места установки. Сигнализаторы утечки газов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Показать слушателям ГБО СПГ различных моделей для различных легковых, грузовых автомобилей и автобусов др. произвести разборочные, сборочные и регулировочные работы. Ознакомление с нормативными и руководящими документациями.

2.3. Принципиальные схемы газобаллонных оборудований (ГБО) для автомобилей (автобусов) с газодизельными и газовыми системами питания, работающих на СНГ и СПГ.

Газовые баллоны СНГ и СПГ, устанавливаемые на автомобилях, их назначения, место установки, устройство, технические характеристики. Основные неисправности баллонов, порядок их устранения. Техническое освидетельствование газовых баллонов СНГ и СПГ.

Арматура, устанавливаемая на баллонах: вентили, тройники, трубопроводы. Датчики уровня, манометр, соединительные элементы, их назначение, место установки, устройство, принцип работы основные неисправности, порядок их устранения. Методы проверки герметичности соединений.

Газовые редуктора (двухступенчатый низкого давления, трехступенчатый, одноступенчатый высокого давления) с подогревателями и без них, назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовый фильтр с электромагнитный клапаном, его назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовый смеситель, его назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Газовые инжекторы назначения, место установки устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Соединительные детали и газопроводы. Штуцеры, ниппели, шланги, гайки, муфты, хомутки, трубки и др., их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Переключатели вида топлив, их назначение, место установки, устройство, принцип работы, основные неисправности и порядок их устранения.

Особенности запуска газобаллонных автомобилей на базе с дизелей, работающих на СНГ и СПГ.

Электрические и электронные оборудования для ГБО, их назначение, устройство, принцип работы, место установки.

Основные положения стандартизации, международные, государственные стандарты по газовым топливам и газобаллонным оборудованьям. Основы метрологии, метрологическая аттестация измерительных приборов, оборудований и технологий. Основы сертификации, правила и порядок проведения сертификационных испытаний.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Ознакомление слушателей с конструкцией ГБО на СНГ и СПГ для газобаллонных автомобилей с дизелями. Произвести разборочные, сборочные и регулировочные работы по основным агрегатам и узлам ГБО.

Тема 3. Общие сведения о заправочных станциях для СНГ и СПГ

Автомобильные газонаполнительные станции (АГЗС). Автомобильные газонаполнительно-компрессорные станции (АГНКС). Стационарные и передвижные АГЗС и АГНКС. Составляющие системы АГЗС и АГНКС. Порядок заправки автотранспортной техники в АГНС и АГНКС.

Тема №4. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт газобаллонных автомобилей, работающих на СНГ и СПГ. Регулировочные работы ГБА.

4.1. Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей на базе бензиновых двигателей.

Периодичность ТО и ТР ГБО. Перечень основных работ при ТО и ТР, ЕО, ТО-1, ТО-2, СО и ТР. Основные отказы и неисправности ГБО, способы их выявления и устранения.

Нормы расхода горюче-смазочных материалов и запасных частей ГБО. Основные диагностические и регулировочные работы в процессе эксплуатации ГБО СНГ и СПГ. Заправка СНГ и СПГ газовых баллонов. Техничко-экономические показатели эксплуатации ГБО СНГ и СПГ. Ремонт и техническое освидетельствование газовых баллонов ГБО СНГ и СПГ.

Подготовка газобаллонного автомобиля к пуску двигателя. Проверка наличия газа, герметичности газопроводов, соединений, бензопроводов и арматуры. Проверка крепления и установки ГБО. Внешний осмотр.

Порядок пуска газового двигателя при низких температурах. Порядок пуска горячего двигателя. Режим работы двигателя на холостом ходу и при нагрузках. Порядок установки двигателя. Перевод работы двигателя с одного вида (газа) на другой (бензин) и обратно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Показать слушателям пуск, остановку, перевод на работы разными видами топлив. Дать возможность слушателям произвести указанные работы самым, под наблюдением преподавателя. Показать основные показатели двигателя и автомобиля при работе на СНГ и СПГ.

4.2. Особенности эксплуатации, технического обслуживания (ЕО, ТО-1, ТО-2, СО) и ремонта газобаллонных автомобилей с газодизельными и газовыми системами питания на СНГ и СПГ. Периодичность ТО и ТР ГБО. Перечень основных работ при ТО и ТР.

Основные отказы и неисправности ГБО, способы их выявления и устранения. Нормы расхода горюче-смазочных материалов и запасных частей ГБО. Основные диагностические и регулировочные работы в процессе эксплуатации. Заправка СНГ и СПГ газовых баллонов. Техничко-экономические показатели эксплуатации. Техническое освидетельствование газовых баллонов СНГ и СПГ.

Подготовка газобаллонного автомобиля (автобуса) к пуску двигателя. Проверка наличия газа, герметичности газопроводов и

арматуры. Проверка крепления и установки ГБО. Внешний осмотр.

Порядок пуска двигателя при низких температурах. Порядок пуска горячего двигателя. Режим работы двигателя на холостом ходу и при нагрузках. Порядок остановки двигателя. Перевод работы двигателя с одного топлива на другое и обратно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Показать слушателям пуск, остановку, перевод на работу различными видами топлив. Дать возможность слушателям произвести указанные работы самим, под наблюдением преподавателя.

Тема 5. Правила техники безопасности, пожароопасности, охраны труда и окружающей среды при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте газобаллонных автомобилей СНГ и СПГ

Требования, предъявляемые к производственным зданиям, помещениям, территориям, зонам по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей. Помещения, материалы стен, пола и крыши; вентиляция, освещение, подъезды; ограждения; молниеотводы; знаки.

Техника безопасности и пожаровзрывоопасности при заправке газобаллонных автомобилей СНГ и СПГ.

Требования, предъявляемые к производственным зданиям, помещениям, территориям, зонам по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей. Размещение, материалы стен, пола и крыши; вентиляция, освещение, подъезды; ограждение; молниеотводы; знаки;

Требования безопасности при разборке, сборке и устранении неисправностей ГБО, безопасный инструмент. Инструкции и инструктаж работающих. Сведения о ЗРУ-57 и несчастных случаях, происшедших с газовыми и кислородными баллонами.

Техника безопасности и пожаровзрывоопасности при заправке газобаллонных автомобилей СПГ и СНГ. Правила при въезде и пребывании на территории газозаправочных станций (пунктов). Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Средства индивидуальной защиты. Организация работы по охране труда, технике безопасности, производственной санитарии и гигиене на производстве. Ответственность рабочих, водителей и

должностных лиц за нарушения правил, норм и инструкций по технике безопасности. Структура, назначение и функции газового надзора Госгортехнадзора. Аварии и несчастные случаи, анализ их причин и мероприятия по предотвращению.

Воспламенения газа и методы их ликвидации. Правила пользования огнетушителем.

Меры первой помощи при несчастных случаях – отравления, ожоги, поражения, электроток. Способы искусственного дыхания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безопасности в газовом хозяйстве
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
3. Правила по охране труда на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1980. – 93 с.
4. Правила технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1972. – 33 с.
5. ГОСТ 12.2.037-78. ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности.
6. ГОСТ 12.1.044-84. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
7. СНиП II-37-76. Нормы проектирования. Газоснабжение. Внутренние и наружные устройства.
8. Зубарев А.А., Плеханов И.П. Газобаллонные автомобили. – М.: ДОСААФ, 1984. – 86 с.
9. Морев А.И., Ерохов В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей. – М.: Транспорт, 1988. – 54 с.
10. ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия.
11. ГОСТ 27577-87. Газ природный топливный сжатый для газобаллонных автомобилей. Технические условия.
12. Руководство по эксплуатации газобаллонных автомобилей работающих на сжатом природном газе. – М.: НИИАТ, 1999. – 105 с.

13. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1985. – 351 с.
14. Справочно-нормативный документ. Нормы расхода топлива автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами (О'zRH 88.20-01:2003). – Ташкент: – 63 с.
15. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей. – М.: Академия, 2002. – 160 с.
16. Базаров Б.И. Газобаллонные транспортные средства и стационарные установки. – Ташкент: ТАДИ, 2005. – 204 с.
17. О'zRH-51114-2005. Инструкции по эксплуатации автомобилей, переоборудованных для работы на сжатом газе.
18. О'zDst 1082:2005. Переоборудование автомобилей с бензиновыми двигателями для работы на сжатом природном газе. Общие технические условия.
19. О'zDst 1081:2005. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов для работы на сжиженных нефтяных газах. Общие технические условия.
20. Tsh 64-19855069-026:2008. Баллоны стальные для сжатого природного газа. Переосвидетельствование.

15. Газовые редукторы
16. Поколения ГБО СПГ и СНГ
17. Переоборудование бензиновых транспортных средств на СНГ и СПГ
18. Переоборудование дизельных транспортных средств на СНГ и СПГ
19. Причины возможной потери мощности ДВС при переходе на СНГ и СПГ
20. Ремонт и техническое освидетельствование газовых баллонов
21. Заправочные устройства
22. Оснащенность газобаллонных автомобилей (ГБА)
23. Контроль запаса газовых топлив
24. Контроль расхода газовых топлив
25. Расположение элементов системы питания СНГ на автотранспорте
26. Расположение элементов системы питания СПГ на автотранспорте
27. Контроль количества заправляемого СНГ
28. Контроль количества заправляемого СПГ
29. Конструкция и принцип работы предохранительного клапана
30. Способы обнаружения утечек газа
31. Система вентиляции газа, вентиляционные коробки
32. Фильтрация газа
33. Теплоподготовка газа
34. Пусковые качества ГБА
35. Внутренняя и внешняя герметичность элементов ГБО
36. Двухступенчатый и трехступенчатый газовые редукторы-испарители
37. Эжекторная газовая система питания
38. Инжекторная газовая система питания
39. Система холостого хода газовых двигателей
40. Системы зажигания газовых двигателей
41. Газовые дозаторы
42. Дозирующие экономайзерные устройства ГБО
43. Газопроводы, материалы, виды соединений
44. Способы устранения утечек газа

Приложение Д

Контрольные вопросы для изучения эксплуатации газобаллонной техники

1. Основные виды газовых углеводородных моторных топлив
2. Основные свойства сжиженного нефтяного газа (СНГ)
3. Основные свойства сжатого природного газа (СПГ)
4. Основные свойства сжиженного природного газа (СжПГ)
5. Рабочие давления газовых баллонов СНГ, СПГ, СжПГ
6. Давление насыщенных паров газов
7. Коэффициент объемного расширения газов
8. Одоризация газов
9. Основные элементы системы питания СНГ
10. Газовые баллоны СНГ
11. Основные элементы системы питания СПГ
12. Газовые баллоны СПГ
13. Основные элементы системы питания СжПГ
14. Газовые баллоны СжПГ

45. Установка зажигания газовых ДВС
46. Слив СНГ из газового баллона
47. Регулировка частоты вращения коленчатого вала на Х.Х.
48. Пуск и остановка ДВС
49. Перевод работы двигателя на другой вид топлива
50. Опрессовка газовой системы питания
51. Возможные неисправности ГБО
52. Двигатель не пускается (причины неисправности, способы устранения)
53. Двигатель глохнет на Х.Х. или работает неустойчиво (причины неисправности, способы устранения)
54. Плохая приемистость двигателя (причины неисправности, способы устранения)
55. При пуске двигателя на газе хлопки (причины неисправности, способы устранения)
56. Повышенный расход газа (причины неисправности, способы устранения)
57. Обмерзания редуктора (причины неисправности, способы устранения)
58. Запах газа (причины неисправности, способы устранения)
59. Газ не поступает в баллон СНГ при заправке (причины неисправности, способы устранения)
60. Переполнение или неполная заправка СНГ (причины неисправности, способы устранения)
61. Ежедневное ТО ГБА
62. ТО-1 ГБА
63. ТО-2 ГБА
64. СО ГБА
65. Средства заправки СНГ
66. Средства заправки СПГ
67. Порядок заправки ГБА СНГ
68. Порядок заправки ГБА СПГ
69. Регулировка токсичных выбросов ГБА
70. Особенности системы смазки газовых ДВС
71. Особенности системы охлаждения газовых ДВС
72. Особенности запуска газодизеля
73. Особенности запуска ГБА зимой
74. Особенности эксплуатации ГБА в предгорных и горных

условиях

75. Корректировка перевозочного процесса ГБА
76. Особенности хранения ГБА
77. Нормирование расхода ГСМ при эксплуатации ГБА
78. Подготовка и переподготовка кадров по эксплуатации ГБА
79. Расход запасных частей и агрегатов при эксплуатации ГБА
80. Организация эксплуатации ГБА в городских условиях
81. Организация эксплуатации газобаллонной сельскохозяйственной техники
82. Влияние подогрева впускного трубопровода на работу газового ДВС
83. Работа газового ДВС на холостом ходу
84. Подбор свеч зажигания для газового ДВС
85. Стартеры для газового ДВС
86. Аккумуляторные батареи для газового ДВС
87. Ремонт и техническое освидетельствование газовых баллонов
88. Паспортные данные газового баллона СНГ
89. Паспортные данные газового баллона СПГ
90. Применяемость и взаимозаменяемость элементов ГБО
91. Пожаротушение в эксплуатации ГБО
92. Участок по переоборудованию в газобаллонные
93. Оказание первой доврачебной помощи
94. Вентиляция помещений при эксплуатации ГБО
95. Ведущие фирмы по производству ГБО
96. Альтернативные топлива для ДВС

Б.И.Базаров, А.Х. Васидов, Р.Н. Ахматжанов, И.Б. Аскарлов

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ И УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТЕ

Корректор: К.И. Магдиев

Редактор: Х. Тахиров

Художественный редактор: Т. Рахматуллаев

Компьютерная верстка: А. Мухаммадиев

Лицензия издательства № 2244. 25.08.2020.

Разрешение на печать 23.05.2022.

Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

«Times New Roman» гарнитура. Уч.изд.л. 16,5.

Тираж 100. Заказ № 102.

Отпечатано в типографии «ZEBO PRINT».

Адрес: Ташкент, Яшнабадский район, военный городок 22

ISBN 978-9943-8465-2-4



9 789943 846524