

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Е. А. Кунавина, Т. В. Левенец

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Химия

Оренбург

2018

УДК 665.7(076.5)
ББК 35.51я7
К 91

Рецензент – кандидат технических наук В.П. Ханин

Кунавина, Е. А.
К 91 Альтернативные моторные топлива: методические указания /
Е. А. Кунавина, Т. В. Левенец; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :
ОГУ, 2018. – 42 с.

В методических указаниях рассмотрены различные виды альтернативных моторных топлив. Описаны основные процессы, используемые при получении альтернативных топлив. Приведены основные достоинства и недостатки отдельных видов альтернативных моторных топлив, обозначены области их применения.

Методические указания предназначены для обучающихся очной формы обучения по направлению подготовки 04.03.01 Химия в целях подготовки к практическим (семинарским) занятиям.

УДК 665.7(076.5)
ББК 35.51я7

© Кунавина Е. А.,
Левенец Т. В., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
Список сокращений.....	5
1 Классификация альтернативных топлив и источников сырья для их производства....	6
2 Краткая характеристика различных видов альтернативных моторных топлив	8
2.1 Газомоторное топливо	8
2.2 Синтетические жидкие топлива (СЖТ), получаемые из природного газа и угля..	12
2.3 Спиртовые топлива	17
2.4 Оксигенатные топлива (топлива с нефтяными добавками).....	20
2.5 Водородное топливо	21
2.6 Биотопливо.....	25
2.7 Прочие виды альтернативных топлив.....	30
3 Оценка эффективности производства и применения альтернативных топлив	33
4 Вопросы для самоконтроля	36
5 Итоговое задание	39
6 Литература, рекомендуемая для изучения дисциплины	40
Список использованных источников	41

Введение

Вопрос изучения и применения альтернативных моторных топлив на сегодняшний день является актуальным по ряду причин. Целесообразность использования различных видов альтернативных моторных топлив диктуется прежде всего исходя из экологических и экономических соображений.

В настоящее время в большинстве промышленно развитых стран мира решается задача поиска эффективных заменителей топлива нефтяного происхождения, запасы которого резко сокращаются, а потребности в топливе растут. Применение альтернативных топлив может значительно помочь решению этой задачи, а также в решении экологических проблем.

В методических указаниях описаны основные виды альтернативных моторных топлив. Отмечены достоинства и недостатки каждого вида топлива, а также проблемы их получения и применения. Приведены состав и отличительные особенности альтернативных топлив различных видов. Изложены основные термины и определения, необходимые для усвоения материала. Описаны основные процессы, лежащие в основе производства альтернативных моторных топлив.

Материал методических указаний предполагает наличие базовых знаний студента по физической и органической химии, химии нефти и газа. При изучении этого курса также необходимы базовые знания по математическим дисциплинам.

Методические указания состоят из пяти разделов. В первом разделе приводится классификация альтернативных моторных топлив, во втором – краткая характеристика различных видов альтернативных моторных топлив. Третий раздел посвящен оценке эффективности производства и применения альтернативных топлив. В заключительных разделах приводятся вопросы для самоконтроля по всему изучаемому материалу и итоговое задание в виде заполнения таблицы.

Настоящие методические указания могут быть полезны для самостоятельной работы и подготовке к семинарским занятиям, а также служат ориентиром для углубленного изучения дисциплины.

Список сокращений

- АМТ – альтернативные моторные топлива;
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
- КПГ – компримированный (сжатый) природный газ;
- НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;
- НХК – нефтехимический комплекс;
- СЖТ – синтетические жидкие топлива;
- СПГ – сжиженный природный газ;
- СУГ – сжиженные углеводородные газы;
- ТБО – твердые бытовые отходы
- GTL – gas to liquid – газ в жидкость;
- «MTG» – Methanol to gasoline;
- «STG +» – Syngas to gasoline plus.

1 Классификация альтернативных топлив и источников сырья для их производства

Под **альтернативными моторными топливами** понимают получаемые из нетрадиционных видов сырья жидкие и газообразные топлива, которые могут быть использованы в мобильных энергоустановках транспорта, сельского хозяйства, промышленности, строительства, коммунального хозяйства.

К таким мобильным установкам относятся карбюраторные автомобильные и поршневые авиационные двигатели, быстроходные автотракторные, тепловозные и судовые дизели, средне- и малооборотные дизели, турбовинтовые и турбореактивные двигатели авиационной техники, газотурбинные установки водного транспорта.

По физико-химическим свойствам и условиям хранения на борту транспортных средств альтернативные моторные топлива могут быть разделены на **три группы** [1].

1. Топлива на нефтяной основе с добавками ненефтяного происхождения в виде кислородсодержащих соединений (спиртов и эфиров, водно-топливных эмульсий). По эксплуатационным свойствам они близки к нефтяным дистиллятным топливам.

2. Синтетические (искусственные) жидкие топлива, идентичные (или близкие) по свойствам традиционным нефтяным топливам и получаемые при переработке жидкого, газообразного или твердого сырья. В эту группу могут быть отнесены бензины, реактивные, дизельные и газотурбинные топлива, полученные из тяжелых нефтей, природных битумов, угля, горючих сланцев; а также топлива, полученные прямым синтезом из CO и H₂.

3. Нефтяные топлива, существенно отличающиеся по физико-химическим и эксплуатационным свойствам и (в отдельных случаях) по агрегатному состоянию от традиционных. К этой группе могут быть отнесены спиртовые топлива, применяемые в чистом виде (метанол, этанол и их смеси с высшими спиртами), а также газообразные топлива – природный компримированный (сжатый) газ,

природный сжиженный газ, сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан), аммиак, водород, генераторный и другие искусственные газы.

В связи с незначительными изменениями, а в ряде случаев и сохранением технико-эксплуатационных характеристик автомобилей, при использовании альтернативных топлив первых двух групп целесообразность и эффективность их применения определяются ресурсной базой и технико-экономическими показателями производства топлив. Для использования топлив третьей группы необходимо модифицировать двигатели и использовать специальные бортовые системы хранения. Так, природный газ можно хранить на борту транспортного средства в сжатом виде под давлением 20 МПа или в жидком виде в криогенных емкостях, водород – в жидком виде или в составе металлгидридов и т. д. Таким образом, эффективность применения топлив данной группы определяется технико-экономическими показателями как процессов производства топлив, так и транспортного процесса. Кроме того, применение этих топлив требует создания специальной распределительной сети.

В самостоятельную группу выделяют добавки ненефтяного происхождения – спирты, природный газ, водород и др. – с автономной, отдельной от основного нефтяного топлива подачей в двигатель, что требует дооборудования силовой установки и наличия двух топливных баков. Эффективность использования топлива в подобных системах определяется, наряду со стоимостью топлив, технико-экономическими показателями транспортного процесса и затратами на дооборудование энергосиловой установки.

По видам альтернативные моторные топлива классифицируют следующим образом:

- газомоторные топлива (сжиженный природный газ, сжатый природный газ, сжиженные нефтяные газы – пропан, бутан);

- спирты и бензоспиртовые смеси (метилловый, этиловый, изобутиловый и др. спирты и их смеси с автобензином в различных пропорциях);

- эфиры (метил*трет*-бутиловый эфир МТБЭ, метил*трет*-амиловый эфир МТАЭ, этил*трет*-бутиловый эфир ЭТБЭ, диизопропиловый эфир ДИПЭ, а также диметиловый эфир ДМЭ);
- синтетические жидкие топлива (СЖТ), получаемые из природного газа и угля;
- биотоплива (биоэтанол, биодизель), получаемые из возобновляемых видов сырья;
- водород и топливные элементы, работающие на водороде [2].

2 Краткая характеристика различных видов альтернативных моторных топлив

2.1 Газомоторное топливо

Газомоторное топливо – экологически чистый и достаточно экономный вид горючего, которое активно применяется для заправки транспортных средств. Газомоторное топливо – современная альтернатива традиционным видам топлива – бензину и дизельному топливу. Его основу составляют природный газ (метан в сжатом или сжиженном виде) и сжиженные углеводородные газы в виде пропан-бутановых смесей.

Ниже перечислены основные достоинства природного газа, используемого в качестве моторного топлива:

- химическая инертность метана определяет высокое октановое число природного газа, также метан является наиболее детонационностойким среди всех углеводородов;
- значительные ресурсы, сравнительная простота подготовки для использования в качестве моторного топлива;
- самое низкое содержание углерода в молекуле обеспечивает самое низкое содержание диоксида углерода в отработавших газах и, следовательно, уменьшает вклад в парниковый эффект;

- содержание токсичных веществ в отработавших газах в 1,5-2 раза ниже по сравнению с газами бензиновых двигателей;

- метан характеризуется низким озonoобразующим потенциалом и в силу своей химической инертности не участвует в фотохимических реакциях образования смога. Обладая максимальным из углеводородных газов коэффициентом диффузии в воздухе, метан быстро рассеивается в атмосфере и не создает локальных экологически опасных зон;

- при сгорании газового топлива практически не образуется нагар в камере сгорания;

- нагрузки на детали цилиндрико-поршневой группы ниже, вследствие этого работа двигателя становится более мягкой и менее шумной;

- отсутствие жидкой фазы в газозудушной смеси исключает смывание смазки с зеркала цилиндров, что приводит к снижению загрязнения масла и уменьшению нагарообразования;

- отсутствие испарения из топливного бака при заправке, обеспечиваемое герметичностью заправочного узла;

- транспортировка по трубопроводам, а не перевозка по дорогам.

К недостаткам данного вида топлива следует отнести:

- меньшее (в 1000 раз) объемное энергосодержание по сравнению с жидкими нефтяными топливами, что приводит к снижению мощности двигателя на 18-20 %; максимальная скорость уменьшается на 5-6 %; время разгона возрастает на 24-30 %.

- более сложную систему подачи топлива в двигатель;

- затруднение с пуском двигателя в холодное время года, что объясняется более высокой температурой воспламенения и самовоспламенения по сравнению с бензином и дизельным топливом, поэтому в схеме предусмотрены подогреватели газового топлива; при отсутствии подогрева возможен пуск двигателя на нефтяном топливе с последующим переводом на газовое после прогрева двигателя - работа по двухтопливному варианту.

Применение природного газа в качестве альтернативного моторного топлива в настоящее время осуществляется во многих странах по следующим вариациям:

- компримированный (сжатый) природный газ (КПГ);
- сжиженный природный газ (СПГ);
- переработка природного газа в жидкие продукты (см. раздел 2.2).

Компримированный природный газ (КПГ) в настоящее время является одним из наиболее применяемых альтернативных моторных топлив.

Перевод транспортных средств на КПГ можно осуществлять путем:

- модификации бензиновых двигателей на компримированный природный газ;
- модификации бензиновых двигателей на природный газ и на бензин (двухтопливный вариант);
- перевод дизельных двигателей на КПГ с использованием искрового воспламенения;
- перевод дизельных двигателей на использование двух топлив, т.е. сочетание газа и дизельного топлива (газодизельный режим).

Мощным рычагом для расширения применения природного газа на транспорте является ценовая политика, т.е. государственное снижение различных налогов на газовое топливо по сравнению с нефтяными, а также увеличение производства автомобилей, предназначенных для использования такого топлива и соответствующего газобаллонного оборудования.

Одной из причин, сдерживающих использование КПГ в России, является значительная масса металлических газовых баллонов и недостаточная надежность газовой аппаратуры. В последние годы появились металлопластиковые баллоны, однако стоимость таких баллонов чрезмерно высока и их долговечность в несколько десятков раз ниже металлических.

В последние годы наблюдается тенденция использования природного газа, находящегося в жидком состоянии, т.н. сжиженного природного газа (СПГ), что обусловлено следующими его преимуществами как жидкого энергоносителя:

- возможностью транспортировки на длинные расстояния и в труднодоступные регионы;
- использованием как альтернативного моторного топлива;
- созданием более гибкой системы газоснабжения.

Сжиженный природный газ – криогенная жидкость, полученная охлаждением природного газа до температуры конденсации минус 161,5 °С.

Главное преимущество СПГ заключается в том, что при его сжижении объем газа уменьшается в 600 раз. Это означает, что в одинаковом объеме СПГ содержится в 3 раза больше, чем КПГ при давлении 20 МПа. Пробег автомобиля на СПГ увеличивается почти в 3 раза по сравнению с пробегом на КПГ. Также одним из существенных преимуществ СПГ (в сравнении с природным газом) является то, что его транспортировка не связана с транзитом через территорию третьих стран.

Особенность использования СПГ заключается в очень низкой температуре его кипения, что создает сложности при его получении и хранении.

Для хранения на борту автомобиля необходима установка специальных криогенных изотермических баллонов, имеющих двойную оболочку – внутреннюю из легированной стали, внешнюю – из углеродистой. Такая конструкция баллона позволяет хранить сжиженный газ в течение 5 суток практически без потерь, но значительно удорожает стоимость такого баллона по сравнению с обычными баллонами для хранения КПГ.

В России в настоящее время СПГ в качестве моторного топлива не применяется.

Использование сжиженных углеводородных газов СУГ (сжиженный пропан) в качестве моторного топлива началось в США в 1910 г. В настоящее время в мире более 9 млн. автомобилей используют в качестве альтернативных моторных топлив СУГ.

Производство СУГ осуществляется:

- переработкой на ГПЗ и газофракционирующих установках природного газа газовых и газоконденсатных месторождений, а также попутных газов нефтяных месторождений;

- в процессах переработки нефти на НПЗ;

- в нефтехимических процессах, реализуемых на НПЗ или НХК.

СУГ по моторным свойствам близки к бензинам, что обуславливает их эффективное использование в бензиновых двигателях, однако у автомобилей,

переоборудованных в газобаллонные на пропан-бутане, мощность снижается на 7-15 % и увеличивается объемный расход топлива на 15-20 % из-за более низкой плотности газа.

Основным препятствием для увеличения объемов потребления СУГ в качестве моторного топлива является необходимость создания сети заправочных станций, что требует значительных инвестиций и создает серьезную проблему безопасности, так как пары пропана и бутана при возможных утечках, будучи плотнее воздуха, с трудом рассеиваются и создают взрывоопасные концентрации на уровне поверхности земли.

Сжиженные газы не обладают токсичным действием, однако, попадая в воздух, СУГ смешиваются с ним, вытесняют и уменьшают содержание кислорода в воздухе. В связи с этим все компоненты СУГ включены в список вредных для человеческого организма веществ.

Перевод автомобилей на газовое топливо приводит к ухудшению таких показателей, как запас хода на одной заправке, максимальная мощность двигателя и максимальная скорость [1].

2.2 Синтетические жидкие топлива (СЖТ), получаемые из природного газа и угля

Переработка природного газа в жидкие продукты – это так называемая технология GTL – gas to liquid – газ в жидкость. Технология GTL – процесс преобразования природного газа или других газообразных углеводородов в длинноцепочные углеводороды, такие как бензин и дизтопливо. Богатые метаном газы преобразуются в жидкие синтетические топлива либо путем прямой конверсии, либо через синтез-газ как промежуточный продукт.

При прямой конверсии метан преобразуется в метанол без применения катализаторов в один этап. Эта технология позволяет получать дешевый продукт, но реакция конверсии трудно поддается контролю. Поэтому этот способ не получил широкого применения.

Для получения топлива через синтез-газ используются три основных процесса: Фишера-Тропша, MTG (Methanol to gasoline) компании Mobil и STG+ (Syngas to gasoline plus). Для детального и наглядного ознакомления с перечисленными процессами рекомендуется воспользоваться информацией, размещенной на сайте <http://avtonov.info/gaz-v-zhidkost-gtl>.

Синтез-газ – смесь оксида углерода и водорода, которая может быть получена из различных углеродсодержащих видов сырья (уголь, торф, природный и попутный газы, фракции нефти, остатки от переработки нефти, биомасса и т.п.). Однако наиболее широко для получения синтез-газа используются уголь и природный газ.

Уголь – неоднородное твердое тело, состоящее из различных сложных и простых по своей структуре органических и неорганических веществ. Его свойства меняются в широких пределах, что оказывает большое влияние на процессы получения синтетических топлив.

Все процессы переработки угля в жидкие топлива, разрабатываемые в настоящее время, можно разделить на три группы.

1. Пиролиз (полукоксование) с получением жидкой углеводородной фракции и твердого карбонизированного остатка.
2. Прямое гидрогенизационное ожижение.
3. Газификация угля с последующей переработкой синтез-газа в жидкие топлива.

Первые две группы процессов относятся к методам разложения, а третья группа – к синтезу.

Пиролиз – разложение органического вещества угля путем его нагревания в отсутствие воздуха и других окислителей, сопровождающееся перераспределением водорода между образующимися летучими (газообразными и жидкими) продуктами и углеродистым твердым остатком. Этот метод является наиболее старым и простым способом получения жидких продуктов и газов из углей.

В зависимости от конечной температуры нагрева угля различают низкотемпературное полукоксование (от 480 °С до 600 °С), среднетемпературное коксование (от 600 °С до 900 °С) и высокотемпературный пиролиз (выше 900 °С).

Одним из направлений развития процесса пиролиза является *гидропиролиз*, представляющий собой коксование угля в среде водорода.

Гидрогенизационная переработка угля – наиболее универсальный метод прямого ожижения.

В результате гидрогенизационной переработки 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.

Основными параметрами, влияющими на степень ожижения угля и свойства получаемых при жидкофазной гидрогенизации продуктов, являются температура и давление, при которых проводится процесс. Оптимальный температурный режим жидкофазной гидрогенизации находится в пределах от 380 °С до 430 °С и для каждого конкретного угля лежит в своем узком интервале. При температурах выше 460 °С происходит резкое увеличение газообразования и формирование циклических структур. С увеличением давления процесса растет скорость ожижения углей.

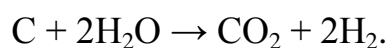
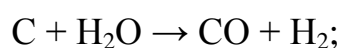
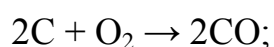
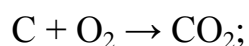
Известны два способа осуществления жидкофазной гидрогенизационной переработки углей с целью получения синтетических моторных топлив - термическое растворение и каталитическая гидрогенизация.

Термическое растворение представляет собой мягкую форму химического преобразования угля. При взаимодействии с растворителем-донором водорода часть органического вещества угля переходит в раствор и после отделения твердого остатка обычно представляет собой высококипящий экстракт угля, освобожденный от минеральных веществ, серо-, кислород- и азотсодержащих соединений и других нежелательных примесей. Для повышения степени конверсии угля в раствор может подаваться газообразный водород. В зависимости от типа исходного угля, растворителя и условий процесса методом термического растворения могут быть получены продукты различного назначения.

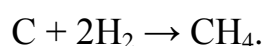
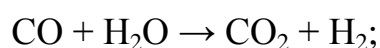
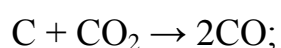
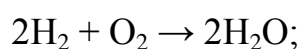
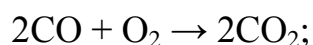
Увеличение степени конверсии угля, улучшение состава получаемых жидких продуктов и снижение давления процесса гидрогенизации возможно при применении катализаторов (каталитическая гидрогенизация). Последние способствуют передаче водорода от растворителя к углю и активируют молекулярный водород, переводя его в атомарную форму.

Газификация твердого топлива – это термический процесс, в ходе которого органическая часть топлива в присутствии окислителей (воздуха или технического кислорода, водяного пара) превращается в смесь горючих газов.

Газификация угля осуществляется при высоких температурах (выше 1000 °С) и представляет собой многостадийный гетерогенный физико-химический процесс. Органическая масса угля, в первую очередь углерод, входящий в ее состав, взаимодействует с газообразными окислителями. При этом протекают следующие первичные реакции углерода с кислородом и водяным паром:



Образующиеся в ходе этих реакций продукты взаимодействуют с углеродом топлива, окислителями и между собой по реакциям:



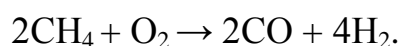
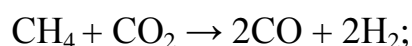
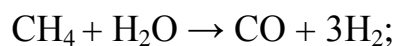
При газификации, как правило, практически вся органическая часть угля превращается в газ и, в отдельных случаях, частично в смолу, а минеральная часть с небольшой примесью непрореагировавшего топлива образует золу или жидкий шлак.

Активность твердых топлив и скорость газификации в значительной степени зависят от минеральных составляющих, выступающих в роли катализаторов. Относительное каталитическое влияние микроэлементов ископаемых углей при газификации может быть представлено следующим рядом:



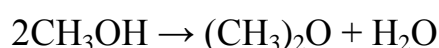
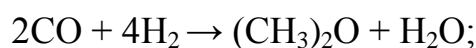
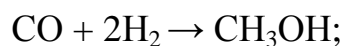
В настоящее время предлагаются различные варианты газификации угля, подробное их описание приводится в работах [3-6].

В РФ сырьем для производства синтез-газа является природный газ (метан), окислительной конверсией которого получают синтез-газ с использованием водяного пара (паровая конверсия), углекислого газа (углекислотная конверсия) и кислорода (парциальное окисление) по следующим реакциям (соответственно):

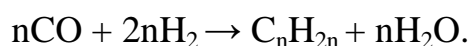
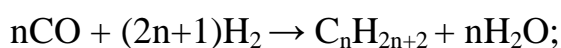


Наиболее широко используется паровая конверсия.

Стадия получения синтез-газа является ключевой в производстве метанола и диметилового эфира:



и в процессе Фишера-Тропша (процесс прямого получения углеводородов из синтез-газа):



Основное достоинство процесса Фишера-Тропша, которое обусловило значительный интерес к его реализации, заключается в возможности получения жидких и твердых углеводородов практически из любого углеродсодержащего сырья.

Особым достоинством продуктов процесса Фишера-Тропша в отличие от продуктов, полученных из нефти, является практически полное отсутствие в их

составе серосодержащих соединений, что устраняет образование токсичных оксидов серы при сгорании. Положительным также является незначительное содержание ароматических углеводородов, что особенно важно для дизельных топлив.

Кроме бензиновой фракции и дизельного топлива значительный интерес представляют и другие продукты процесса Фишера-Тропша, такие как твердые парафины и масляные фракции.

Производство моторного топлива процессом Фишера-Тропша базируется на использовании в качестве сырья для получения синтез-газа невозобновляемых источников (природный газ, продукты нефтепереработки и уголь). Исходя из ограниченности запасов этих источников и быстрого истощения первых двух, в настоящее время проводятся интенсивные исследования возможности производства синтез-газа из возобновляемого сырья.

2.3 Спиртовые топлива

Среди различных спиртов и их смесей наибольшее распространение в качестве моторного топлива получили метанол и этанол. Их основными недостатками являются пониженная теплота сгорания, высокая теплота испарения и низкое давление насыщенных паров. Следует отметить, что в целом по моторным свойствам этанол лучше метанола.

Высокие антидетонационные качества определяют преимущественное использование спиртов в двигателях внутреннего сгорания с принудительным (искровым) зажиганием. При этом основные мероприятия по переводу автомобилей на работу на чистых спиртах сводятся к увеличению вместимости топливного бака, увеличению степени сжатия двигателя с целью полного использования детонационной стойкости топлива.

С энергетической точки зрения преимущества спиртов заключаются главным образом в высоком КПД рабочего процесса и высокой детонационной стойкости. Величина КПД спиртового двигателя выше бензинового во всем диапазоне рабочих смесей, благодаря чему удельный расход энергии на единицу мощности снижается.

При использовании спиртовых топлив уменьшается содержание контролируемых вредных компонентов отработавших газов автомобиля. Благодаря низким температурам горения спиртов на единицу расходуемой энергии и топлива выделяется значительно меньше, чем у бензина оксидов азота. Одновременно, вследствие улучшения полноты сгорания спиртовых смесей, выбросы оксида углерода (II) и углеводородов также уменьшаются. Выбросы канцерогенных ароматических углеводородов также на порядок ниже, чем при работе двигателя на бензине.

Наряду с положительной экологической эффективностью использования спиртовых топлив следует все же отметить и такие негативные явления, как повышенные выбросы альдегидов и испарения углеводородных соединений. Содержание альдегидов растет с увеличением концентрации спиртов в топливной смеси. Для метанола характерны выбросы формальдегида, в то время как при сгорании этанола образуется преимущественно ацетальдегид. Минимальные выбросы альдегидов соответствуют стехиометрическому составу топливной смеси и возрастают при ее обеднении или обогащении. В среднем выбросы альдегидов при работе на спиртах примерно в 2-4 раза выше, чем при работе двигателя на бензине. Их снижения добиваются при добавке к спиртам воды (до 5 %) и присадок к топливу (до 0,8 % анилина), подогревом воздуха на входе в двигатель.

Эксплуатационные свойства метанольного топлива, и в первую очередь энергетические показатели и пусковые качества, улучшаются при дополнительном вводе высших спиртов и эфиров. Такие топлива получили название смесевых спиртовых топлив.

Использование спиртов в дизелях затрудняется из-за низких цетановых чисел, высокой температуры самовоспламенения и плохих смазывающих свойств, ведущих к повышенному износу топливной аппаратуры. Работа дизелей на спиртовых топливах возможна при использовании смеси спиртов и дизельного топлива с повышенным цетановым числом, введении в топливо активирующих присадок, подаче спиртов в испаренном виде, впрыске запального дизельного топлива, переоборудовании дизеля в двигатель с искровым воспламенением. Из

перечисленных вариантов наиболее приемлемой для эксплуатации является добавка к спиртам различных присадок. В качестве присадок, улучшающих воспламеняемость спиртов, используют изопропилнитрат, пентилнитрат и др.

При использовании чистых спиртов как в карбюраторных, так и в дизельных двигателях отмечены повышенные износы деталей цилиндропоршневой группы. Увеличение износа при работе двигателя на спиртах возможно по ряду причин, основные из которых:

- попадание в цилиндры значительного количества неиспарившегося спирта и смыв им смазки;

- ухудшение смазки из-за образования на трущихся поверхностях спирто-водно-масляной эмульсии;

- взаимодействие спиртов с присадками масел и снижение их эффективности.

Кроме того, спирты и их коррозионно-агрессивные продукты сгорания (формальдегид, ацетальдегид, муравьиная кислота) воздействуют на такие металлы, как алюминий и сплавы свинца и меди. Как показали исследования, наибольший износ двигателя наблюдается при использовании метанола. При эксплуатации двигателя на этаноле при нормальных температурах износ ниже, однако он значительно увеличивается на низкотемпературных режимах работы.

Для обеспечения надежной эксплуатации двигателей и снижения износа при работе на чистых спиртах необходимы специальные моторные масла.

Основной проблемой при эксплуатации двигателя на метаноле является токсичность топлива. Из-за высокой летучести метанола требуется тщательная герметизация топливоподающей системы автомобиля. Кроме того, необходимо исключить попадание отработавших газов двигателя в кабину водителя, в частности оборудовать двигатель замкнутой системой вентиляции картера [1].

Спирты имеют давнюю традицию применения в двигателях внутреннего сгорания. В настоящее время они в основном используются как топливо для гоночных автомобилей, поскольку увеличивают мощность двигателя при одновременном снижении температуры в камере сгорания.

2.4 Оксигенатные топлива (топлива с нефтяными добавками)

Рассмотренные в разделе 2.3 спиртовые топлива можно отнести к оксигенатным, т.е. к таким, в состав которых входит кислород. Однако термин «оксигенатные топлива» первоначально закрепился за топливами, в состав которых входят простые эфиры, такие как метил*трет*-бутиловый (МТБЭ), метил*трет*-амиловый (МТАЭ), этил*трет*-бутиловый (ЭТБЭ), этил*трет*-амиловый (ЭТАЭ), диизопропиловый (ДИПЭ) эфиры. Особое место занимает диметиловый эфир (ДМЭ). Оксигенаты МТАЭ, ЭТБЭ, ЭТАЭ, ДИПЭ – имеют ограниченное применение.

Введение оксигенатов в состав моторных топлив позволяет решить по крайней мере две основные задачи:

- улучшить эксплуатационные свойства нефтяных топлив;
- сократить расход нефти на производство моторных топлив – введение оксигенатов эквивалентно экономии примерно полуторного-двойного количества нефти, т.к. на производство 1 т моторного топлива расходуется от 1,5 до 2 т нефти в зависимости от глубины переработки.

К преимуществам оксигенатных топлив следует отнести:

- повышение октановых чисел автобензинов;
- уменьшение вредных примесей в выхлопных газах;
- возможность использовать смеси автобензина и оксигенатов без каких-либо изменений в инфраструктуре топливопотребления.

Простые эфиры лучше растворяются в топливах, по сравнению со спиртами, менее гигроскопичны и менее коррозионноагрессивны.

Эфиры традиционно добавляют в автомобильные бензины. В последние годы обозначился интерес к диметоксиметану, диметиловому и диэтиловому эфирам как к компонентам дизельного топлива. В большой степени это объясняется их хорошей воспламеняемостью в двигателе и, следовательно, высокими цетановыми числами.

Диметиловый эфир может непосредственно впрыскиваться в камеру сгорания двигателя или использоваться в качестве добавки к сжиженному газу, метанолу или стандартному дизельному топливу. Для операции впрыскивания диметилового

эфира, являющегося при обычных условиях газом, требуется специальная система топливоподачи, поскольку данный эфир обладает плохими смазывающими свойствами, имеет очень низкую вязкость и, подобно всем газам, легко сжимается. При использовании диметилового эфира в качестве добавки к базовому топливу, проблема впрыска упрощается, и одновременно решаются другие проблемы. Так, например, диметиловый эфир повышает цетановое число метанола. Как показали испытания, при работе двигателей на диметиловом эфире практически полностью отсутствует сажеобразование. Однако возрастает эмиссия оксидов азота, что требует оборудования двигателя каталитическими нейтрализаторами.

Диэтиловый эфир еще более удобен в применении и эффективен, так как он представляет собой жидкость (хотя и низкокипящую), и его цетановое число превышает 125 (по некоторым сведениям достигает 160). Добавка 10 % диэтилового эфира в дизельное топливо повышает его цетановое число в среднем на 4 ед., что позволяет отказаться от применения токсичных и взрывоопасных алкилнитратов [1, 2].

2.5 Водородное топливо

Водород – топливо будущего. Он имеет массу преимуществ по сравнению с другими видами топлива и имеет огромные перспективы его заменить. Он может быть использован во всех отраслях современного производства и транспорта.

Интерес к водороду, как моторному топливу, обусловлен его высокими энергетическими показателями, небольшим количеством вредных веществ в продуктах сгорания и, главное, – практически неограниченной сырьевой базой. Водород характеризуется наиболее высокими энергомассовыми показателями среди химических топлив. Однако из-за низкой плотности водород по объемной теплопроизводительности уступает большинству жидких и газообразных топлив.

Водородно-воздушные смеси характеризуются широкой областью воспламенения [4–75 % (об.)] и взрываемости [18,3–74 % (об.)], что повышает их пожаро- и взрывоопасность. В то же время водород отличается высокой температурой воспламенения (590 °С) и способностью к быстрому рассеиванию в

воздушной среде, благодаря чему по суммарным показателям безопасности он приравнивается к природному газу.

Состав отработавших газов водородного двигателя существенно отличается от состава газов бензинового двигателя внутреннего сгорания в основном за счет отсутствия углерода в топливе. Тем не менее в отработавших газах водородного двигателя присутствует незначительное количество оксида углерода (II) и углеводородов, наличие которых обусловлено выгоранием углеводородных смазок, попадающих в камеру сгорания. Максимальный выброс оксидов азота, вследствие более высоких температур сгорания водорода, примерно вдвое превышает выбросы оксидов азота бензиновым двигателем [1, 7].

Основной проблемой использования водорода в качестве моторного топлива является его хранение. Известны следующие варианты хранения водорода на автомобиле: в газообразном состоянии (в сжатом виде), в криогенном (сжиженном) состоянии, с использованием промежуточного носителя (жидкого или твердого). Наилучшие показатели системы хранения чистого водорода обеспечиваются при его сжижении, т. е. в криогенной схеме.

Применение газообразного водорода отличается простотой, однако не получило распространения из-за низкого энергозапаса, вызванного небольшой плотностью топлива, и большой массы топливного контейнера. Использование водорода в сжиженном состоянии более эффективно, однако имеет свои сложности, особенно при его хранении и транспорте. Температура кипения водорода равна $-252,8$ °С, поэтому при транспорте и хранении жидкого водорода первостепенное значение имеет тепловая изоляция. Жидкий водород обычно транспортируют и хранят в специальных резервуарах с двойными стенками, пространство между которыми заполнено специальной изоляцией. Наиболее распространены высоковакуумная, вакуумно-порошковая и многослойная низкотемпературные тепловые изоляции; используют и комбинированные изоляции, например, многослойно-порошковую. При конструировании оборудования для хранения и транспорта жидкого водорода необходимо учитывать, что в условиях глубокого

холода прочностные характеристики большинства металлов и сплавов улучшаются, а ударная вязкость резко уменьшается.

Для практической реализации более приемлемы схемы, в которых используют промежуточный носитель водорода. Водород в этом варианте сохраняется в химически связанном виде и при необходимости извлекается из соединения с помощью термического, химического либо термохимического воздействия. В настоящее время наибольшее внимание привлекают твердые носители водорода – гидриды металлов и их сплавы. Главным преимуществом гидридов металлов является возможность повышения энергетической плотности водорода; кроме того, они безопасны при хранении и эксплуатации. В случае термического разложения гидрида металла возможно его повторное использование, так как при пропускании водорода при повышенном давлении происходит «зарядка» гидридного источника. Обратимость гидридных соединений позволяет на их основе изготавливать аккумуляторы водорода, в частности для питания автомобильных двигателей.

Водород в автомобиле может быть использован двумя способами: или сжигаться в двигателе внутреннего сгорания, или использоваться в топливных элементах.

В том случае, когда водород используется в качестве топлива в обычном двигателе внутреннего сгорания снижается мощность двигателя до 82 % - 65 % в сравнении с бензиновым вариантом. Но если внести небольшие изменения в систему зажигания, мощность двигателя увеличивается до 117 % в сравнении с бензиновым вариантом, но тогда увеличится выход оксидов азота из-за более высокой температуры в камере сгорания, и возрастает вероятность подгорания клапанов и поршней при длительной работе на большой мощности. Кроме того, водород при температурах и давлениях, которые создаются в двигателе, способен вступать в реакцию с конструкционными материалами двигателя и смазкой, приводя к быстрому износу. Также водород очень летуч, из-за чего при использовании обычной карбюраторной системы питания может проникать в выпускной коллектор, где также воспламеняется из-за высокой температуры. Традиционные поршневые ДВС плохо приспособлены к работе на водороде. Обычно для работы на водороде

используется роторный ДВС, так как в нём выпускной коллектор значительно удалён от впускного.

Современное применение водородного топлива демонстрируют следующие марки автомобилей:

- BMW Hydrogen 7 и Mazda RX-8 hydrogen – двухтопливные (бензин/водород) легковые автомобили. Используют жидкий водород;
- Ford E-450 – автобус;
- городские низкопольные автобусы MAN LionCityBus.

Boeing Company разрабатывает беспилотный самолёт для больших высот и большой продолжительности полёта (High Altitude Long Endurance (HALE)). На самолёте установлен HICE производства Ford Motor Company.

Большое будущее имеют топливные элементы – устройства, вырабатывающие электрическую энергию за счет окислительно-восстановительных химических реакций жидких или газообразных компонентов, непрерывно поступающих к электродам извне. Эти устройства являются химическими источниками тока непрерывного действия. В качестве основного компонента для реакции служит, как правило, водород. Преимущества топливных элементов – высокий КПД (80 % по сравнению с 35 % для двигателя внутреннего сгорания), экологичность (на выхлопе автомобиля – только водяной пар), неограниченная сырьевая база.

Примерами автомобилей с топливными элементами являются Ford Motor Company – Focus FCV; Honda – Honda FCX; Hyundai – Tucson FCEV; Nissan – X-TRAIL FCV; Toyota – Toyota Highlander FCHV, Toyota Mirai; Daimler AG – Mercedes-Benz A-Class; Daimler AG – Mercedes-Benz Citaro; Toyota – FCHV-BUS.

Но пока топливные элементы дорогие: автомобиль, имеющий на борту бак для водорода и топливные элементы, стоит более чем на порядок дороже, чем автомобиль с двигателем внутреннего сгорания. Водород и топливные элементы – дело будущего, а пока в ведущих индустриально развитых странах реализуются национальные программы по развитию водородной энергетики и топливных элементов [1, 7, 8].

2.6 Биотопливо

Биотопливо достаточно давно использовалось для обогрева человека и получения столь нужной ему энергии. В основе его лежит биомасса – продукт фотосинтеза – самого мощного на планете преобразователя солнечной энергии. Биотопливом называют продукт переработки биомассы, применяемый человеком при получении энергии.

Возможно, первым видом биотоплива, примененным для обогрева человека, стал простой древесный ствол, брошенный в огонь. Позже простое древесное полено вытеснили газ, уголь, нефть и различные электрические обогреватели.

В общем виде всё биотопливо можно классифицировать следующим образом:

1. Первичное древесное топливо (дрова, лесосечные отходы, щепа, энергетический лес и т.д.).

2. Вторичное древесное топливо (кора, опилки, стружка, гранулы, пеллеты, брикеты, древесный уголь).

3. Утилизированное древесное топливо (отработанные щелока целлюлозного производства, бумажное и картонное вторсырье).

4. Торф.

5. Утилизационное топливо из промышленных и бытовых отходов (биогаз из различной биомассы, и в том числе от анаэробной очистки бытовых и промышленных стоков).

6. Жидкие виды биотоплива (биоэтанол, дизельное растительное топливо и т.д.).

7. Недревесные биомассы (солома, отходы растениеводства и т. д.).

Известны различные способы преобразования биомассы в энергию:

- получение растительных углеводов (предельные и непредельные углеводороды, растительные масла, высокомолекулярные жирные кислоты);

- прямое сжигание биомассы, газификация, пиролиз, сжижение;

- биотехнологическая конверсия биомассы в топливо (при влажности более 75 %): низкоатомные спирты, жирные кислоты, биогаз.

Наибольшую популярность и актуальность в последние десятилетия получили следующие виды биотоплива:

- пеллеты;
- получаемый из твердых бытовых отходов (ТБО) биогаз;
- продукты жизнедеятельности микроорганизмов.

Впервые пеллеты, как твёрдые древесные гранулы, были созданы в Германии. Они представляют собой небольшие цилиндры-карандашики, спрессованные из мелких стружек и опилок хвойных пород дерева. В первую очередь пеллеты были разработаны для отопления коттеджей. Но со временем котлы для гранулированного топлива стали выпускать и для небольших котельных, способных отопить, например, одно- и многоэтажное здание или несколько домов.

В последнее время новый вид биотоплива в Европе стал очень популярен. Достоинством пеллет («улучшенного топлива») является то, что они не самовозгораются, так как в их структуре мало межпоровое пространство. Теплотворная способность пеллет меньше, чем каменного угля, нефти, природного газа. Так, теплотворная способность одной тонны пеллет почти сопоставима с теплотворностью тонны угля, а 2 тонны гранул соответствуют одной тонне нефти или кубометру газа. Однако их сжигание не оказывает такого негативного влияния на окружающую среду, как сжигание традиционных топлив.

В западных странах широкое развитие получило выращивание специальных пород леса с одной лишь целью дальнейшей энергетической переработки. Данный лес называется энергетическим лесом. Для выращивания выбираются наиболее быстрорастущие сорта деревьев (в России ими может стать клен, осина и другие). Срок роста такого леса до эффективного промышленного использования составляет от 4 до 7 лет.

Перспективными источниками энергии может стать и биодизельное топливо.

Сырьем для производства биодизельного топлива является растительное масло. В Европе, как правило, им является рапсовое масло. В России основными продуцентами растительных масел являются: подсолнечник, лен, горчица, небольшой объем занимают кукуруза, соя и рапс.

Процесс получения биодизельного топлива происходит в ходе химической реакции переэтерификации. В этой реакции растительное масло или любой другой источник триглицеридов в присутствии катализатора вступает в реакцию с одноатомными спиртами, образуя моноалкиловые эфиры жирных кислот (биодизель) и глицерин. После переработки моноалкиловых сложных эфиров жирных кислот получают продукты - метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) и глицерин.

Биодизель применяется на автотранспорте в чистом виде и в виде различных смесей с дизельным топливом. Применение смесей не требует внесения изменений в двигатель. Современные дизельные двигатели могут работать на 100 % биодизельном топливе.

К достоинствам биодизеля следует отнести:

- относительно высокое цетановое число;
- хорошие смазочные характеристики и, как следствие, увеличение срока службы двигателя. При работе двигателя на биодизеле одновременно производится смазка его подвижных частей, в результате которой, как показывают испытания, достигается увеличение срока службы самого двигателя и топливного насоса в среднем на 60 %;
- высокая температура воспламенения. Для биодизеля значение точки воспламенения превышает 100 °С, что позволяет назвать биогорючее относительно безопасным топливом;
- растительное происхождение;
- биологическую безвредность и высокие показатели экологичности.

Биоэтанол также может стать отличной альтернативой существующим видам топлива, но гидролизные технологии, основанные на использовании серной кислоты, являются экологически вредными.

Перспективы развития производства транспортного этанола в России с последующим его экспортом достаточно оптимистичны. Но совершенно очевидно, что основным сырьем для его производства в России должна стать

древесина, что требует создания современных экологически чистых эффективных технологий разложения ее на лигнин и целлюлозу.

Сырьем, обеспечивающим производство этанола в России, также могут быть сахарная свекла (отходы сахарного производства), картофель (картофельный крахмал), сладкое сорго.

В новейшем производственном комплексе продуктами, получаемыми в результате сложной технологической цепочки, являются бионефть и биоэлектричество.

Бионефть – это обычная по химическому составу нефть с той лишь разницей, что она не содержит серы и вредных веществ. Система производит экологически чистую электроэнергию из морских водорослей. Технология такова: в большие прозрачные резервуары заливается морская или пресная вода, туда же закладываются микроорганизмы, выращенные в лаборатории из стеблей морских водорослей естественного происхождения. Под воздействием солнечной энергии микроорганизмы в течение 48 часов произрастают. Затем 4/5 содержимого резервуара идет на переработку, оставшееся сырье вновь заливается водой, и процесс повторяется. Если в резервуар закладывается морская вода, то на выходе есть еще и пресная вода. Затем из готового сырья путем сжигания производят либо бионефть и побочные продукты, либо электроэнергию. Коэффициент теплоотдачи использования такого топлива может быть в 1,5 раза больше, чем при сжигании угля. К тому же эта технология полностью исключает выбросы CO₂ в атмосферу – по данной технологии углекислый газ полностью идет на производство биомассы. Помимо этого, замкнутый цикл производства предполагает, что зольность, образующаяся в виде отходов, используется в качестве удобрения. Биокомплекс можно построить практически в любом регионе страны, где есть доступ к водоему, а для приморских районов установка может давать электроэнергию и пресную воду.

Практически неисчерпаемым источником энергии сегодня могут стать свалки твердых бытовых отходов при условии организации на этих свалках безотходных производств. Сегодня наряду с проблемой энергоснабжения для крупных городов не менее остро встает проблема утилизации твердых бытовых отходов. Число свалок

вокруг городов растет с каждым годом. Это ухудшает экологическую обстановку как в непосредственной близости и на территории захоронения мусора, так и в районе в целом. Загрязняется атмосфера и подземные воды. С другой стороны, в последнее время зафиксирован огромный рост стоимости и ценности земли, повышается стоимость энергии. Решение перечисленных проблем заключается в том, чтобы создавать специальные полигоны ТБО, где отходы будут сортироваться, из них будет получаться как электроэнергия, так и сырье для повторного производства продукции.

От свалок ТБО можно получить различные энергетические ресурсы. В первую очередь это газ, пригодный для сжигания, так называемый лэндфилл-газ (свалочный газ), являющийся разновидностью биогаза. Биогаз – 55-75 % CH_4 , 25-45% CO_2 – получается метановым брожением биомассы (80-90 % влажности). Его теплотворная способность составляет от 5000 до 7000 ккал на кубический метр и зависит от концентрации метана в его составе. Количество метана, в свою очередь, зависит от био-физико-химических особенностей сырья и в некоторых случаях от применяемой технологии.

Основной процесс газообразования на полигоне сводится к микробиологическому разложению органических компонентов, имеющему ярко выраженную зональность. В верхней зоне полигона (0-1,5 м) протекает аэробный процесс (с использованием кислорода), на более низких горизонтах располагается сфера анаэробного сбраживания (без использования кислорода). Между ними имеется пограничный слой, где имеют место оба процесса. В настоящее время эксплуатируются с использованием биогаза более 150 полигонов ТБО (80 % из них находится в США, Великобритании, Германии). Для более эффективного сбора биогаза поверхность полигона должна быть хорошо уплотнена или укрыта. А отвод биогаза необходимо вести из зоны наиболее активного восстановления его компонентов, обычно лежащей на глубине 2-6 метров от поверхности. Биогаз используют для удовлетворения потребностей в энергии ближайших к полигону населенных пунктов, а также для собственных нужд полигона.

В России на данный момент биоэнергетика развита слабо. Обладая колоссальными запасами энергетических ресурсов и огромным энергетическим потенциалом, мы, на данный момент не очень задумываемся над тем, что нас ожидает в недалеком будущем.

В отличие от стран Западной Европы и Америки у нас не ведется целенаправленных широкомасштабных исследований в этой области, практически не существует рынка соответствующих услуг, законодательной базы, стимулирующей развитие и производство российских биоэффективных технологий, ограничивающих вредные выбросы в окружающую среду. На данный момент отрасль остро нуждается в законе о нетрадиционных источниках энергии и в законодательных поправках, отменяющих государственное регулирование цен на спирты, применяемые в энергетике [9].

2.7 Прочие виды альтернативных топлив

В связи с перспективностью водорода как моторного топлива (см. Раздел 2.5) практический интерес представляет его конверсия в высококипящие топлива, использование которых было бы более приемлемым для автомобильного транспорта. Одним из таких топлив является **аммиак**, производство которого хорошо освоено, он относительно недорог и имеет удовлетворительные термодинамические свойства. В нормальных условиях аммиак находится в газообразном состоянии и представляет собой бесцветный газ с резким и характерным запахом. При температурах окружающей среды аммиак сжижается уже при давлении 0,6 - 0,7 МПа. Сжиженный аммиак характеризуется умеренными энергетическими показателями. Массовая энергоемкость аммиака по отношению к бензину, метанолу и водороду ниже в 2,5, 1,1 и 6,5 раз соответственно, в то время как по энергоплотности он превосходит большинство разработанных систем хранения водорода на автомобиле.

Характерной особенностью использования аммиака является высокая температура воспламенения аммиачно-воздушных смесей (650 °С) и их «вялое» сгорание. Цетановое число аммиака близко к нулю, в то же время аммиак

отличается высокой детонационной стойкостью: его октановое число составляет 110 по моторному и 130 по исследовательскому методам.

Большинство цветных металлов (медь, бронза, латунь и другие сплавы) подвергаются значительной коррозии при воздействии аммиака. Относительно стойки сталь, чугун, алюминий, никель и титан. Большинство нефтяных и синтетических масел практически не изменяют свои свойства при работе двигателя на аммиаке. При этом отмечены лишь незначительные колебания вязкости и некоторое снижение эффективности антиокислительных присадок.

Токсикологическое воздействие аммиачного топлива можно свести к минимуму при герметизации топливной системы автомобиля и соблюдении соответствующих мероприятий техники безопасности.

Изучается возможность использования в качестве моторного топлива **ацетилена**. В нормальных условиях ацетилен – бесцветный газ, который при температурах от 15 °С до 20 °С может храниться в жидком состоянии под давлением 40-50 МПа. Однако использование жидкого ацетилена под таким давлением практически исключено в связи с возможностью его взрыва при давлениях выше 0,27 МПа. Ацетилен характеризуется высокими энергетическими показателями. Он легко вступает в реакцию с кислородом воздуха. Тепловой эффект горения ацетилено-воздушных смесей меньше, чем тепловой эффект реакции распада чистого ацетилена, составляющий 227,1 кДж/моль. Таким образом, в противоположность большинству топлив при обогащении ацетилено-воздушной смеси ее тепловой эффект возрастает. Тем не менее максимальная скорость реакции, минимальная энергия зажигания и другие экстремальные параметры горения соответствуют стехиометрическому составу ацетилено-воздушной смеси.

В связи с высокой стоимостью производства жидких моторных топлив из углей в течение многих десятилетий изучается возможность непосредственного использования **угля** в поршневых двигателях внутреннего сгорания. Опыт создания дизелей, работающих на пылеугольном топливе, показал возможность использования для этой цели широкого ассортимента твердого топлива, включая каменный уголь, торф, древесину, их смеси, органические отходы. Основными

требованиями к твердому топливу являются приемлемая воспламеняемость, высокая температура и скорость сгорания, минимальные отложения в камере сгорания, связанные как с содержанием в топливе золы, так и с ее составом.

Поскольку высокая зольность пылеугольного топлива приводит к значительным отложениям в камере сгорания и повышенному износу деталей двигателя дальнейшим развитием методов использования пылеугольного топлива является применение его в виде суспензии в смеси с дизельными топливами, маслами и другими жидкими продуктами. Такая схема позволяет упростить конструкцию двигателя, повысить надежность его работы и улучшить топливноэкономические показатели [1].

Ученые из штата Теннесси утверждают, что **металл** должен стать новым, революционным видом автомобильного топлива. Они считают, что из порошкового железа или алюминия при определенных условиях высвобождается огромное количество энергии. Для этого нужно лишь сделать частицы размером примерно в нанометр и добавить воспламеняющий элемент. По словам исследователей, энергия от сгорающего порошкового железа в два раза превысит энергию от сгорания бензина. Металлическое «нано-топливо», как его называют ученые, не дает выброса углекислого газа и оксидов азота, а при добавлении водорода наночастицы можно использовать даже по несколько раз. Порошковый металл используется при запуске космических Шаттлов и военных торпед. Для автомобильной промышленности здесь существует следующая проблема – что делать с оксидами, которые образуются при контакте металла с воздухом. Ученые, придумавшие новый вид топлива, говорят, что его в первую очередь можно использовать для двигателей внешнего сгорания (или двигателей Стирлинга), которые сейчас делают только для грузовых автомобилей или судов. В таких двигателях топливо сжигается в форсунках (горелках), пламя которых направлено на трубки нагревателя. Горение происходит с большим избытком воздуха, вследствие чего в продуктах сгорания содержится значительно меньше токсичных веществ, чем в продуктах сгорания поршневых ДВС. Такой двигатель может работать на любом топливе, включая ядерное [10].

3 Оценка эффективности производства и применения альтернативных топлив

При оценке показателей эффективности производства и применения альтернативных моторных топлив используется концепция полного жизненного цикла топлива, основанная на комплексной оценке свойств самого топлива, особенностей его производства, инфраструктуры топливопотребления, а также уровня вредных выбросов [2].

Затраты на производство топлива включают в себя издержки по стадиям добычи сырья, его транспортировки и хранения, переработки сырья в моторное топливо, кондиционирование моторных топлив, а также получение электроэнергии и других побочных продуктов.

Затраты в инфраструктуру топливопотребления включают в себя издержки по транспортировке, хранению и распределению топлив, переделке двигателей и самих транспортных средств.

Для интегральной оценки используются данные об экологическом ущербе от негативного воздействия выбросов, образующихся при сгорании топлива, на окружающую среду и самого человека. Сопоставительные расчеты проводятся обычно на одинаково выполненную работу, например, на пробег типового автомобиля по одной и той же трассе на одинаковое расстояние.

Затраты на производство и инфраструктуру потребления топлив представляют собой экономический критерий, а уровень вредных выбросов – экологический критерий. Комплексная оценка эффективности заключается в объединении экономического и экологического критериев.

Расчет экономического критерия подразумевает учет в полной мере всех видов затрат на производство и создание инфраструктуры потребления топлив с учетом затрат на переделку транспортного средства. Ущерб от вредных выбросов оценивается, как правило, на основе «Временной методики определения предотвращенного экологического ущерба», утвержденной Госкомитетом РФ по охране окружающей среды в 1999 г.

Методика предлагает использовать следующую формулу для определения удельного ущерба от выбросов (1):

$$Y_{np}^a = Y_{y\delta}^a \cdot (M_1^a - M_2^a) \cdot K_{\text{Э}}^a \cdot J_{\text{Д}}, \quad (1)$$

где Y_{np}^a – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, для r -го экономического района РФ, руб./усл. Т;

$Y_{y\delta}^a$ – величина удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ;

M_1^a, M_2^a – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ соответственно на начало и конец расчетного периода в рассматриваемом регионе, усл. Т;

$K_{\text{Э}}^a$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов РФ;

$J_{\text{Д}}$ – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономики РФ на рассматриваемый период.

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по формуле (2):

$$M_k^a = \sum_{i=1}^N m_i^a K_{\text{Э}i}^a \quad (2)$$

где m_i^a – масса выброса в атмосферный воздух i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т/год;

$K_{\text{Э}i}^a$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества или группы веществ;

i – индекс загрязняющего вещества или группы веществ;

N – количество учитываемых групп загрязняющих веществ.

Сравнительный анализ энергетических и эксплуатационных характеристик альтернативных моторных топлив, а также различные подходы к оценке эффективности производства и использования АМТ приводятся в работах [11 – 16].

По оценке авторов, наиболее приемлемыми видами АМТ являются синтетические жидкие топлива (СЖТ), диметиловый эфир, оксигенаты, добавляемые к традиционным нефтяным моторным топливам. Эти виды топлива имеют вполне приемлемые энергетические и эксплуатационные показатели, их применение практически полностью вписывается в существующую инфраструктуру топливопотребления (системы хранения, транспортировки, заправки, моторостроения) и не требует дополнительных вложений в эту инфраструктуру. Небольших изменений потребует использование ДМЭ взамен дизельного топлива, но при этом частично может быть использована инфраструктура, уже созданная для сжиженных пропана и бутана.

Использование компримированного природного газа (КПГ) ограничено необходимостью оснащения автомобиля дорогостоящими баллонами высокого давления (металлическими или металлопластиковыми), которые создают дополнительный балластный вес автомобиля, а также требуется некоторая переделка двигателя.

Использование сжиженного природного газа (СПГ) по энергетическим характеристикам не уступает ни традиционным моторным топливам, ни СЖТ. Вполне благоприятны экологические характеристики этого вида топлива. Многие страны мира применяют СПГ, особенно для муниципальных видов транспорта. Сдерживает широкое применение СПГ необходимость применения криогенных емкостей, а также тот факт, что хранение СПГ имеет принципиально только временный характер.

Использование сжиженного пропана и бутана имеет достаточно продолжительную историю, но применение сжиженных углеводородных газов (СУГ) на автотранспорте сокращается из-за роста цен на эти газы (практически пропорционально с ценами на нефть), ограниченности ресурсов СУГ, возможности более эффективно использовать их для нужд нефтехимии и, по социальной необходимости, для коммунально-бытовых нужд населения.

Использование добавок метанола к бензинам по всей вероятности будет ограничено из-за ядовитости самого метанола.

Большие перспективы имеют топливные элементы, которые были упомянуты в разделе 2.5.

Сравнение отдельных видов альтернативных моторных топлив по относительным показателям затрат энергии, стоимости единицы пробега и величине пробега на одной заправке приведено в таблице 1. За эталон принят нефтяной автобензин [2].

Таблица 1 – Показатели относительной эффективности альтернативных моторных топлив

Вид топлива	Затраты энергии	Стоимость единицы пробега	Пробег на одной заправке
Автобензин нефтяной	1,0	1,0	1,0
Бензин по технологии GTL из природного газа	1,6	1,2	1,0
Метанол	1,6	1,5	0,5
Этанол	1,7	1,8	0,6
Сжиженные пропан и бутан	1,05	0,7-0,9	1,0
Компримированный природный газ (КПГ)	1,3-1,4	0,9-1,0	0,4-0,5
Сжиженный природный газ (СПГ)	1,1-1,25	0,85-1,1	0,6-0,8
Диметиловый эфир (ДМЭ)	1,5-2	н/д	н/д
Водород	3,0-4,0	н/д	н/д

4 Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под альтернативными моторными топливами (АМТ)?
2. Какие группы АМТ выделяют в зависимости от их физико-химических свойств и условий хранения на борту транспортных средств?
3. Приведите классификацию АМТ по видам.
4. Приведите примеры газомоторного топлива и дайте характеристику данному виду топлива.
5. Что составляет основу газового моторного топлива?
6. Почему газовое топливо считается более экологически чистым по сравнению с бензином?

7. Отметьте достоинства и недостатки газового топлива.
8. С чем связаны затруднения с пуском двигателя в холодное время года при использовании газового топлива? Каким образом может быть решена данная проблема?
9. Приведите вариации применения природного газа в качестве моторного топлива. Расшифруйте аббревиатуры КПГ, СПГ, СУГ.
10. Назовите причины, сдерживающие применение КПГ, СПГ и СУГ в качестве топлива в России.
11. Каким образом хранятся КПГ, СПГ и СУГ на борту автомобиля? Опишите конструкцию баллонов. Какой материал используется для изготовления баллонов?
12. Что такое синтез-газ?
13. С помощью каких процессов можно получить жидкое топливо через синтез-газ?
14. В чем заключается технология GTL?
15. Назовите процессы переработки угля в жидкие топлива. Раскройте суть каждого процесса.
16. Приведите уравнения реакций, отражающих процесс газификации угля.
17. В чем заключается процесс Фишера-Тропша? Приведите уравнения реакций, лежащих в основе данного процесса. Каковы достоинства данного процесса?
18. Какие спирты получили наибольшее распространение в качестве моторного топлива?
19. Рассмотрите экологические аспекты использования метанола и этанола в качестве моторных топлив.
20. Чем обусловлено увеличение износа деталей цилиндропоршневой группы при работе двигателя на спиртах?
21. Что подразумевают под оксигенатными топливами?
22. С какой целью вводят оксигенаты в состав моторных топлив?
23. Рассмотрите перспективы и проблемы использования водородного топлива.

24. Каким образом можно классифицировать биотопливо?
25. Что такое пеллеты?
26. Поясните термин «энергетический лес».
27. Что является сырьем для производства биодизельного топлива?
28. Что может служить сырьем для производства «транспортного этанола» в России?
29. Что такое «лэндфилл-газ»?
30. Оцените возможность использования аммиака и ацетилена в качестве нетрадиционных альтернативных моторных топлив.
31. Что Вам известно про металлическое «нано-топливо»?
32. Ознакомьтесь с работами [11-16] из списка использованных источников. Какие методики предлагают авторы для оценки эффективности производства и применения альтернативных моторных топлив. Сравните предложенные методики и оцените их объективность.
33. Проанализируйте современные проблемы технологии производства моторных топлив из нефтяного сырья.
34. Назовите причины перехода на альтернативные моторные топлива.
35. Какие требования предъявляют к качеству моторных топлив из альтернативных сырьевых ресурсов?
36. Рассмотрите тенденции развития альтернативной энергетики в России и за рубежом.
37. Какие виды альтернативных моторных топлив наиболее актуальны для нашего региона?
38. Какие альтернативные моторные топлива не прокомментированы в рамках методических указаний? Приведите их характеристику.
39. Являетесь ли Вы пользователем альтернативных моторных топлив? Чем обусловлен Ваш выбор?
40. Ознакомьтесь с источниками [1-15] из списка рекомендуемой для изучения данной дисциплины литературы. Осуществите самостоятельный литературный поиск и оцените состояние проблемы использования АМТ в современном мире.

5 Итоговое задание

На основе изученного материала, а также пользуясь предложенным списком литературы (см. ниже), студентам рекомендуется заполнить таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика различных видов альтернативных моторных топлив

Вид топлива	Достоинства	Недостатки	Примеры использования	Оценка экологичности (высокая / средняя / низкая)	Оценка экономичности (стоимость по сравнению с бензином и дизельным топливом)
Сжиженный природный газ					
Сжиженный нефтяной газ					
Компримированный (сжатый) природный газ					
Уголь					
Этанол					
Диметиловый эфир					
Водород					
Биодизель					
Биоэтанол					
Торф					
Пеллеты					
Биогаз					
Водоросли					
Электричество					
Сжатый воздух					
Жидкий азот					
Ацетилен					
Аммиак					
Водяной пар					
Солнечная энергия					
Металлическое «нанотопливо»					
Мускульная сила человека					

6 Литература, рекомендуемая для изучения дисциплины

1. Лapidус, А.Л. Альтернативные моторные топлива: учеб. пособие / А.Л. Лapidус, И.Ф. Крылов, Ф.Г. Жагфаров, В.Е. Емельянов. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз. – 2008. – 288 с.
2. Зоря, Е.И. Нефтепродуктообеспечение. Традиционные и альтернативные топлива: учеб. пособие / Е.И. Зоря, О.В. Лошенкова, Ю.Н. Киташов. – М.: РГУ нефти и газа. – 2012. – 526 с.
3. Потехин, В.М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата : учебник в 2-х частях / В.М. Потехин. – СПб.: ХИМИЗДАТ. – 2016. – 560 с.
4. Русакова, В.В. Углеводородные и альтернативные топлива на основе природных газов : учеб. пособие / В.В. Русакова, А.Л. Лapidус, И.Ф. Крылов, В.Е. Емельянов. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2006. – 184 с.
5. Бакулин, В.Н. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология : справочник / В.Н. Бакулин, Е.М. Брещенко, Н.Ф. Дубовкин, О.Н. Фаворский. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2009. – 614 с.
6. Рачевский, Б.С. Сжиженные углеводородные газы / Б.С. Рачевский. – М.: Изд-во «НЕФТЬ и ГАЗ». – 2009. – 640 с.
7. www.autogazeta.com – Электронный автомобильный еженедельник.
8. Пронин, Е.Н. Газомоторная карта России / Е.Н. Пронин // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 6. – С. 72–76.
10. Синяк, Ю.В. Экономические оценки использования в автотранспорте альтернативных моторных топлив на базе природного газа / Ю.В. Синяк, А.Ю. Колпаков // Проблемы прогнозирования. – 2012. – № 2. – С. 34-47.
11. Фомин, В.М. Анализ технологий переработки альтернативных источников энергии в моторное топливо / В.М. Фомин, Р.Х. Абу-Ниджим, А.В. Мурзин // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 6-3 (6). – С. 86-89.

12. Бутенко, А.Н. Бензин с функциональными добавками – альтернативное моторное топливо / А.Н. Бутенко, Г.И. Гурина, И.И. Степанова, С.В. Резниченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Т. 1. – № 3 (31). – С. 12-14.

13. Садртдинов, А.Р. Альтернативное моторное топливо из растительной биомассы / А.Р. Садртдинов, Л.М. Исмагилова, Т.Х. Галеев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития научной мысли» : в 2-х частях. – 2016. – С. 49-51.

14. Савельев, Г.С. Эффективность газомоторного топлива для сельхозтехники / Г.С. Савельев, М.Н. Кочетков, Е.В. Овчинников // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 12-15.

Список использованных источников

1. Терентьев, Г.А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г.А. Терентьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль. – М.: Химия, 1989. – 272 с.

2. Брагинский, О.Б. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» / О.Б. Брагинский. - 97-ое заседание от 28 января 2009 года. – Москва, 2009. – 54 с.

3. Кондырев, Б.И. Становление и развитие технологии подземной газификации угля / Б.И. Кондырев, А.В. Белов, М.В. Ларионов // «Неделя горняка-2002», Семинар № 15.

4. Раимжанов, Б.Р. Повышение эффективности подземной газификации угля на Ангренской станции «Подземгаз» с использованием технологии двухстадийной газификации / Б.Р. Раимжанов, С.И. Якубов, А.Н. Кузнецов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Семинар № 16. – 2009. – С. 114–118.

5. Крейнин, Е.В. Проблемы подземной газификации углей / Е.В. Крейнин, А.Ю. Зоря // Химия твердого топлива. – № 4. – 2009. – С. 22-26.

6. Степанов, С.Г. Тенденции развития и новые инженерные решения в газификации угля / С.Г. Степанов // Уголь. – 2002. – № 11. – С. 87 – 92.

7. Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный_транспорт.
8. Брагинский, О.Б. Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России / О.Б. Брагинский // Рос. хим. журнал (Журнал Рос. хим. общества им. Д.И. Менделеева). – Т. LII, № 6. – 2008. – С. 137-146.
9. Саушина, А. Биотопливо заменит нефть / А. Саушина // Где деньги. – 2007. – 28 (72). – 14 нояб.
10. Панюшкин, В. Газпром – новое русское оружие / В. Панюшкин, М. Зыгар, И. Резник. – М.: «Захаров», 2008. – 256 с.
11. Гаркушина, С.В. Оценка эффективности использования альтернативных видов моторного топлива на транспорте в регионе / С.В. Гаркушина // Вестник Вол.ГУ. – Серия 3. – № 1 (12). – 2008. – С.138-141.
12. Канило, П.М. Анализ эффективности использования альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / П.М. Канило, И.В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания. – 1' 2009. – С. 8-14.
13. Каравайков, В.М. Комплексная оценка эколого-экономической эффективности использования альтернативного моторного топлива в регионе / В.М. Каравайков, С.В. Гаркушина // Региональная экономика: теория и практика. – 3 (96). – 2009. – С. 9-14.
14. Мазурова, О.В. Оценка конкурентоспособности автомобильного топлива с учетом региональных особенностей и неопределенности исходных данных / О.В. Мазурова // Региональная экономика: теория и практика. – (1). – 2016. – С.61-69.
15. Марков, В.А. Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей / В.А. Марков, Е.В. Бебенин, Е.Ф. Поздняков // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5. – С. 24–29.
16. Зубарева, В.Д. Оценка корпоративной и экономической эффективности проектов по реализации природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте / В.Д. Зубарева, А.В. Иванов // Нефть, газ, бизнес. – 2014. – № 4. – С. 14–22.