



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ивановская государственная сельскохозяйственная
академия имени Д.К. Беляева»

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра технических систем в агробизнесе

В.В. Рябинин, И.А. Телегин

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Методические указания для подготовки обучающихся магистров
очной и заочной форм обучения по направлению 35.04.06
«Агроинженерия»

Иваново, 2018

УДК 631.3–6+621.89

Рецензенты:

заведующий кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО ИГХТУ

д.т.н., профессор Колобов М.Ю.

доцент кафедры технического сервиса и механики, к.т.н. Терентьев В.В.

Рябинин В.В., Телегин И.А.

Изучение свойств альтернативного топлива / Методические указания -
Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018.- 25 с.

Предназначены для обучающихся магистров очной и заочной форм
обучения по направлению 35.04.06 «Агроинженерия»

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного
факультета (протокол № 4 от 29 сентября 2018 года)

© В.В. Рябинин, И.А. Телегин 2018

© ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	С. 4
1.1 Классификация альтернативных топлив	4
1.2 Эффективность использования альтернативных топлив транспортом	5
1.3 Требования к альтернативным топливам	6
1.4 СЖАТЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ	6
1.5 СЖИЖЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ	8
1.6 ГАЗОЖИДКОСТНОЕ ТОПЛИВО	10
1.7 СПИРТОВЫЕ ТОПЛИВА	11
1.8 СИНТЕТИЧЕСКОЕ ГОРЮЧЕЕ	12
1.9 ДРУГИЕ ВИДЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ	13
1.9.1 Водородное топливо	13
1.9.2. Азотоводородные топлива	15
1.9.3 ПЫЛЕВИДНОЕ ТОПЛИВО И СУСПЕНЗИИ	16
1.9.4 Биотопливо	17
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРУЕМОСТИ БИОТОПЛИВА	18
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ БИОТОПЛИВА	21
ЛИТЕРАТУРА	25

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Классификация альтернативных топлив

Исследования в области производства и применения альтернативных моторных топлив в последнее время широко развиваются в разных странах мира. Основной целью ведущихся исследований и разработок является расширение сырьевой базы, поиск энергоэффективных моторных топлив и методов их рационального применения, т. е. создание необходимых технических и экономических предпосылок для частичной замены топлив, вырабатываемых сегодня преимущественно из нефтяного сырья.

Под альтернативным топливом понимается любое химическое топливо, частично или полностью ненефтяного происхождения, характеризующееся целевым производством на основе нетрадиционных видов сырья и энергоресурсов. По физико-химическим свойствам и условиям хранения на борту транспортных средств альтернативные топлива можно разделить на три ГРУППЫ:

1. Топлива на нефтяной основе с добавками ненефтяного происхождения (спирты, эфиры, водно-топливные эмульсии), которые по эксплуатационным свойствам близки к нефтяным дистиллятам топлива.
2. Синтетические жидкие топлива, близкие по свойствам традиционным нефтяным топливам, получаемые при переработке жидкого, газообразного или твердого сырья (тяжелые нефти, природные битумы, уголь горючие сланцы, продукты прямого синтеза из CO и H₂).
3. Нефтяные топлива, существенно отличающиеся по физико-химическим и эксплуатационным свойствам от жидких нефтяных (спиртовые топлива: метанол, этанол и их смеси с высшими спиртами, газообразные топлива: природный сжатый и сжиженный газ, сжиженный нефтяной газ, 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 металлгидратов 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 специальной распределительной сети.

В самостоятельную группу выделяют добавки ненефтяного происхождения спирты, природный газ, водород и др. - с автономной, разделительной 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 оборудование энергосиловой установки.

1.2. Эффективность использования альтернативных топлив транспортом

Эффективность использования альтернативных топлив транспортом (в относительных единицах) представлена в таблице 1:

Таблица 1 - Эффективность использования альтернативных топлив транспортом (в относительных единицах)

Вид моторного топлива	Затраты энергии на производство	Стоимость единицы пробега
Бензин из нефти	100	100
Синтетический бензин из угля	160	120
Компримированный природный газ (КПГ)	130-140	90
Сжиженный природный газ (СПГ)	125	85
Пропан	105	70-90
Электроэнергия (тепловые станции)	65	150
Электроэнергия (ядерные станции)	40	130
Метанол	160	150
Этанол	170	180

Практически во всех высокоразвитых странах ведутся разработки технологии производства и использования на транспорте синтетического бензина из угля, горючих сланцев и природного газа; метанола и этанола, а также их смесей с различными видами бензина; водорода, ацетилен. В качестве альтернативного транспортного топлива уже давно рассматриваются азото-водородные топлива и электроэнергия.

1.3 Требования к альтернативным топливам

Применение альтернативных топлив позволит расширить сырьевую базу производства моторных топлив, уменьшить загрязнение атмосферы отработавшими газами автомобильного транспорта, повысить топливную экономичность автомобилей и использовать в некоторых случаях для производства топлив возобновляемые источники сырья (растительное сырье).

К альтернативным топливам предъявляются следующие основные требования:

1. наличие достаточных ресурсов;
2. приемлемая стоимость,
3. технологическая и энергетическая совместимость с транспортными силовыми установками,
4. приемлемые экологические и экономические показатели процессов производствами, пользования топлива.

1.4 Сжатые углеводородные газы

Наиболее реальным и экономически целесообразным путем снижения дефицита нефтяных моторных топлив, а также улучшения экологической обстановки признано более широкое использование на автомобильном и других видах транспорта (железнодорожном, речном, в авиации) газового моторного топлива и первую очередь сжатого (компримированного) природного газа.

Сжатый природный газ (СПГ) представляет собой полноценное топливо для автомобильных двигателей, не требующее существенной технологической обработки (ГОСТ 27577-2000 Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия). Расширение сети магистральных газопроводов, охватывающих большие территории страны, открывает благоприятную перспективу

использования СПГ в качестве топлива для двигателей газобаллонных автомобилей. Сжатый природный газ является полноценным моторным топливом и по ряду параметров превосходит современные жидкие моторные топлива. Он не требует существенной и дорогостоящей технологической переработки. В этом заключается одно из основных его преимуществ при использовании на автомобильном транспорте.

Для расчета октановых чисел сжатого газа используются следующие значения ОЧ отдельных компонентов:

Октановое число:

Метан (CH_4) 110

Этан (C_2H_6) 108

Пропан (C_3H_8) 105

н-Бутан и изобутан (C_4H_{10}) 94

н-Пентан и изопентан (C_5H_{12}) 70

Природный газ как топливо для автомобилей имеет ряд преимуществ перед бензином и сниженным нефтяным газом, но и недостатки тоже.

Преимущества:

- двигатель на природном газе не более опасен, чем бензиновый, и менее, чем на пропан-бутане: в первую очередь благодаря тому, что природный газ легче воздуха и при утечке не скапливается;
- автомобиль на сжатом газе намного чище бензинового. Большую часть выбросов составляют безвредные водяные пары. Количество двуокиси углерода в выхлопных газах ниже на 25%, и монооксида углерода (СО) — на 30- 90%, углеводородов на 50-90%;
- запасы природного газа в природе гораздо больше, чем нефтепродуктов – бензина и пропан-бутана;
- сжатый метановый газ гораздо дешевле бензина и пропан-бутана;
- природный газ имеет более высокое октановое число, чем бензин, что позволяет повышать степень сжатия и, как следствие, мощность двигателя;

- легкость пуска двигателя при низких температурах, меньший износ двигателя.

Недостатки:

- переводится в сжиженное состояние только при очень низкой температуре;
- баллоны для хранения природного газа в сжатом виде получаются достаточно дорогими по стоимости, если их сравнивать с обычными бензобаками, а также с баллонами для сжиженного пропан-бутанового газа.
- установка на автомобиль баллонов со сжатым газом, например, до 20 мПа, снижает грузоподъемность автомобиля;
- теплотворная способность (теплота сгорания) газозвоздушной смеси ниже теплотворной способности бензовоздушной смеси, из-за чего мощность двигателя при переводе на сжатый газ без конструктивных изменений снижается на 10-12 %.

Несмотря на все трудности с применением сжатого природного газа в качестве автомобильного топлива – его использование является важной экономической задачей, призванной решать вопросы расширения ресурсов моторных топлив и улучшения экологической обстановки в городах.

1.5 Сжиженные углеводородные газы

К сжиженным углеводородным газам относятся такие углеводороды, которые при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии, а при относительно небольшом повышении давления (без снижения температуры) переходят в жидкое состояние. Это позволяет перевозить и хранить сжиженные углеводороды в условиях, характерных для жидкостей, и контролировать, регулировать и сжигать газообразные углеводороды в процессе применения аналогично природным и другим горючим газам.

В состав сжиженных природных газов (СжПГ) могут входить углеводородные компоненты от метана до бутана, иногда до пентана включительно. Основными компонентами, входящими в состав сжиженных газов, получаемых из природных газов нефтяных и газоконденсатных месторождений, является пропан и бутан. Сжиженный природный газ является криогенной жидкостью. При атмосферном давлении температура кипения СжПГ составляет около -160°C . При сжижении объем природного газа уменьшается более, чем в 600 раз, что эквивалентно сжатию газа до давления газа 60 МПа. В одинаковом объеме сжиженного газа содержится в 3 раза больше, чем компримированного при давлении 20 МПа. СжПГ применяется в качестве топлива для автомобильных двигателей. Во многих странах ведутся опытные работы по его использованию. В этом случае

газовое топливо должно храниться при низкой температуре ($-161,4$ °С) в изолированных (криогенных) топливных баках.

Сжиженный нефтяной газ (СНГ) по физико-химическим свойствам является высококачественным полноценным топливом для автомобильных двигателей. Основные компоненты СНГ - бутан и пропан, представляющие собой побочные продукты преимущественно добычи или переработки нефти.

Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта изготавливаются двух марок ПА (пропан автомобильный) и ПБА (пропан-бутан автомобильный) (ГОСТ 27578-87 Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия). Марка газа ПБА допускается к применению во всех климатических районах при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20°C . Марка ПА применяется в зимний период в тех климатических районах, где температура воздуха опускается ниже минус 20°C и рекомендуемой температурный интервал ее применения от минус 20°C до минус 35°C . В весенний период времени с целью полного израсходования запасов сжиженного газа марки ПА допускается ее применение при температуре до 10°C .

Сжиженный нефтяной пропан-бутановый газ (автогаз или LPG — Liquefied Petroleum Gas). Этот вид топлива для автомобилей, также как и природный газ, обладает рядом преимуществ перед бензином, но и недостатки также имеет.

Преимущества:

- увеличивается срок службы моторного масла в 1,5—2 раза, благодаря отсутствию растворяющих и смазывающих свойств газа;
- практически не содержит серы, которая вызывает сильную коррозию деталей и их износ;
- не накапливаются смолистые отложения в топливной системе и камере сгорания (сжиженный нефтяной газ растворяет их), улучшается работа системы зажигания и возрастает срок службы свечей зажигания на 40%;
- снижается токсичность выхлопных газов: окиси углерода (СО) в 2—3 раза, окиси азота (NO) в 1,2 раза, углеводородов (СН) в 1,3—1,9 раза, обеспечивается сохранность катализаторов;
- уменьшается вероятность детонации двигателя (у газа более высокое октановое число — около 105), улучшается динамика его работы, в полтора раза увеличивается межремонтный пробег;
- газовое топливо более дешевое (примерно в 1,5—2 раза) в сравнении с бензином (особенно это актуально для автомобилей с большим объемом двигателей).

- для сжиженного газа применяются достаточно легкие баллоны и несложная газовая аппаратура, рассчитанные на рабочее давление $1,6 \text{ МН/м}^2$, которые практически не снижают грузоподъемность автомобиля.

Недостатки:

- при переходе с бензина на сжиженный газ у этих двигателей по тем же причинам, что и для сжатого природного газа, снижается на 6-8% мощность и соответственно увеличивается на 10-12% удельный расход топлива.

Показано, что СНГ обеспечивает по сравнению с бензином до 10-20% экономии энергии и почти 50% экономии стоимости топлива. Для автомобиля расходующего на 100 км пробега 15 л высокооктанового бензина, достаточно 13 л СНГ, для автомобиля с расходом 11 л бензина на 100 км - 9,8 л. Применение СНГ можно рассматривать как первоначальный этап перехода промышленности и транспорта в будущем на водородную энергетику, так как технология их производства, хранения и распределения во многом идентична.

1.6 Газожидкостное топливо

Применение газожидкостного топлива (ГЖТ) на двигателях транспортной техники предполагает отдельное хранение компонентов на борту автомобиля и их совместную подачу в двигатель. В качестве компонентов ГЖТ в настоящее время используются: низкооктановый бензин (НОБ), стандартный бензин, сжатый природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяной газ (СНГ). Применение ГЖТ осуществляется по двум вариантам. Первый вариант предполагает использование высоких антидетонационных свойств газа, а при этом в качестве основного компонента применяется низкооктановый бензин, а в качестве антидетонационной присадки СПГ, либо СНГ.

Второй вариант применения ГЖТ предполагает использование более низкой себестоимости газа по сравнению с бензином. При этом газ применяется как основной компонент, а бензин подается как энергетическая добавка на режимах, требующих максимальной мощности двигателя.

В газожидкостных топливах применение газа обеспечивает достижение двух основных целей: первой — замещения дорогостоящего бензина более дешевым газом, второй — применение газа как антидетонационной добавки к низкооктановому бензину.

1.7 Спиртовые топлива

Этиловый спирт и его смеси давно применяются в странах Латинской Америки и США. В 1990 г. в Бразилии доля потребления спиртовых топлив составила 50 % и в США — 10%. В странах Западной Европы в качестве моторного топлива используется метиловый спирт и бензометанольные смеси (15 % метилового спирта). В России отработаны композиции метанольного бензина А-76 летнего и зимнего вида, включающие 5 и 15 % метанола (М5 и М15). Смесь М5 может использоваться наравне с товарным бензином. Для работы на М15 требуется специальная топливная аппаратура. Применение смеси М15 обеспечивают экономию 8—10 % нефтяного сырья. Основной проблемой использования бензометанольных смесей является их высокая стоимость из-за необходимости добавления до 7 % высших спиртов в качестве стабилизатора при низких температурах от расслоения. В США из 4.6 млрд.л ежегодно производимого метанола 209 млн.л используется в качестве добавки к бензину. Две фирмы (Atlanue Richfield и «Sun») начали производство октанового усилителя «Oxind», представляющего смесь метанола с антикоррозийной присадкой. Он добавляется в неэтилированный бензин в пропорции 1:10. В США строятся новые заводы по производству метанола. Отмечается, что метанол по примеру Бразилии начнет вытеснять бензин и будет использоваться как топливо в чистом виде.

Использование спиртов в дизелях затрудняется из-за низких цетановых чисел, высокой температуры самовоспламенения и плохих смазывающих свойств, ведущих к повышенному износу топливной аппаратуры. Основной проблемой при эксплуатации двигателя на метаноле являются токсичность топлива. Роль фактора изучена пока недостаточно. В любом случае из-за высокой летучести метанола требуется тщательная герметизация топливоподающей системы автомобиля. Кроме того, необходимо исключить попадание отработавших газов двигателя в кабину водителя. Разработаны также методы превращения метанола в обычный бензин (процесс мобил) на сверхвысококремнеземных цеолитах. Следует все же отметить, что в процессе мобил метанол с ОЧ 110 по и. м. превращается в бензин с ОЧ 93 по и. м., причем со значительными дополнительными затратами. Этиловый спирт различных крепостей применяется как моторное топливо только в смеси с бензинами, так как спирт не имеет пусковых фракций и не обладает достаточной испаряемостью из-за большой скрытой теплоты парообразования.

Возможность получения стойких смесей спирта с бензинами в основном зависит от двух факторов: от крепости спирта и от температуры смеси. Чем выше крепость спирта и чем выше температура смеси, тем больше возможность получения спирто-бензиновых смесей с лучшей стабильностью. Растворению бензинов в спирте мешает содержащаяся в спирте вода. Так как абсолютный спирт содержит весьма незначительные количества ее, то при смешении абсолютного спирта с бензинами можно получить для наших климатических условий вполне стабильные смеси. Абсолютный спирт применяется у нас в соотношении: 30% абсолютного спирта +70% бензина. Применение спирта-ректификата, т.е. 96°-ного спирта, в смеси с бензинами возможно только с помощью, так называемых, стабилизаторов. 96%-ный спирт в своем составе содержит 4% (объем.) воды. Эта вода и мешает растворению бензина в спирте. Нерасслаивающиеся смеси бензина с ректификатом (без стабилизатора) получаются при температурах порядка +30°. Это значит, что такую смесь практически нельзя применять, так как в вечернее время, даже летом, температура воздуха будет гораздо ниже +30°. В качестве стабилизатора спиртовых смесей может использоваться бензол

1.8 Синтетическое горючее

Термин синтетическое горючее означает жидкие и газообразные виды горючих, которые получают из угля или нефтеносных сланцев (или других источников), а не из естественной нефти или природного газа. Синтетическое горючее известно уже давно. Горючее масло, получаемое из нефти или из угля, может быть сегодня названо синтетическим горючим. Не является новостью и синтетический газ, хотя количество и качество этого продукта в настоящее время существенно отличается от ранее имевшихся. Газ из угля производился уже в первом десятилетии прошлого века в достаточно широких масштабах сначала в Великобритании, потом в США. Продукт, производимый на местных "газовых заводах", был известен как городской или светильный газ. Этот газ имел небольшую теплотворную способность и применялся для освещения общественных мест, отопления домов и приготовление пищи. В конце второй мировой войны светильный газ в США был вытеснен природным. В Шотландии только недавно светильный газ начал заменяться природным газом из месторождений Северного моря. Синтетическое горючее, получаемое из угля, битумных песков или сланцевого масла, в принципе способно увеличить запасы топлива, например

только в Северной Америке в 10 или более раз. Среди знаменитых нефтяных топлив синтетические жидкие топлива из каменных углей и горючих сланцев представляют наибольший интерес, поскольку их применение в энергетических установках не требует значительных капиталовложений. Накопленный мировой опыт показал принципиальную возможность превращения угольной нефти в высококачественные моторные топлива с применением традиционных процессов нефтепереработки, таких как гидроочистка, гидрокрекинг каталитический риформинг, изомеризация и гидрирование.

При этом наиболее перспективным сырьем для производства синтетического жидкого топлива признан уголь как широко распространенный вид твердых горючих ископаемых. В России в качестве первоочередного сырья рекомендуются бурые угли Канско-Ачинского бассейна. При переработке углей Канско-Ачинского бассейна могут быть получены следующие виды продукции: бензин АИ-93, дизельное топливо, реактивное топливо Т-8В, бензол, толуол и МТБЭ.

Разработанные схемы экстракционной переработки прибалтийских сланцев позволили получать около 20% сырого бензина и 31% дизельной фракции наряду с газами (17%), полукоксом (27%) и регенерированным растворителем (100%). Сырые дистиллятные продукты подвергаются последовательно щелочной и кислотной промывкам для извлечения ценных химических соединений, а затем идут на гидрогенизационную очистку над промышленными катализаторами.

Метод экстракционного извлечения химических продуктов был успешно применен для верховых и низинных торфов. Степень экстракции в этих случаях составляла 55-75% в расчете на органическую массу торфа. При экстракции под давлением образуется газ, пирогеническая вода, бензинолигроиновая фракция и нерастворимый остаток. Часть кислорода (34-38%), содержащегося в органическом веществе торфа, в этих условиях выделяется в виде окислов углерода и пирогенической воды, а другая часть остается в составе кислых и нейтральных кислородсодержащих органических веществ, выделяемых в процессе.

1.9 Другие виды альтернативных топлив

1.9.1 Водородное топливо

Водород считается топливом будущего, благодаря практически неограниченным ресурсам и отсутствию в продуктах сгорания вредных

веществ. Основной проблемой применения водорода является его повышенная взрывоопасность, низкая плотность и низкая температура кипения. Кроме того, стоимость производства водорода в 3—5 раз выше стоимости производства нефтяных топлив. К преимуществам использования водорода в качестве автомобильного топлива следует отнести его высокую детонационную стойкость. Это позволяет увеличить степень сжатия и давление наддува. Наибольших успехов в области применения водорода в качестве топлива достигли такие фирмы, как Toyota, Mercedes-Benz и ряд американских фирм.

Научно-исследовательские работы в области использования водорода в качестве топлива для автотранспорта ведутся во многих странах мира - России, США, ФРГ, Японии и др. Проблема применения водорода в качестве топлива или добавок к топливам для автотранспорта носит комплексный характер, так как, во-первых, требует изучения особенностей применения водорода как моторного топлива и рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на водороде и, во-вторых, необходимых конструктивных изменений ДВС и систем регулирования для обеспечения условий радикального снижения токсичности выбросов. Кроме того, должны быть разработаны эффективные системы, способы и устройства для хранения водорода на борту автомобиля. В-третьих, должны быть решены многие вопросы функционирования автомобильного транспорта: разработаны процессы и методы заправки автомобиля водородом, созданы сети водородных заправочных станций и налажено их обслуживание и обеспечение водородом, гарантирована безопасность при движении и обслуживании автомобиля и т.д.

В нашей стране и за рубежом создан ряд опытных моделей автомобилей, работающих на водороде. Практический интерес представляет применение водорода по двухтопливной схеме — в качестве добавки к бензину. В этом случае топливная экономичность автомобиля повышается на—40 %, выбросы окиси углерода уменьшаются на 30—40 %, а наиболее токсичных окислов азота - в 1,5—2раза. Стендовые испытания двигателя ГАЗ-652, работающего на баллонном водороде, впервые были проведены в Новосибирске в 1968 г. Последующие испытания показали, что при 5-10%-й добавке водорода к основному топливу двигатель работает устойчиво на всех режимах, токсичность выхлопных газов значительно снижается за счет увеличения полноты сгорания смеси; увеличивается КПД двигателя, экономия горючего доходит до 40%.

Водород это газ; температура плавления минус 259,1 С, температура кипения минус 252,6°С.

1.9.2. Азотоводородные топлива

Термин "азотоводородное топливо" образовался по аналогии с более знакомым углеводородным топливом, в котором углерод замещен азотом. Из всех теоретически возможных соединений азота и водорода только два соединения являются достаточно стабильными и представляют интерес для рассмотрения в качестве возможного перспективного топлива: аммиак и гидразин. Остальные азотоводороды очень нестабильны и непригодны для использования в качестве топлива.

Аммиак (NH_3) бесцветный газ с характерным запахом. Сжижается при 25°C и давлении 1 МПа. Аммиак имеет температуру плавления $-77,5^\circ\text{C}$; температура кипения равна минус $33,4^\circ\text{C}$. Хранится аммиак в жидком виде в стальных баллонах. Гидразин N_2H_4 - вязкая ядовитая жидкость, ее плотность при 20°C равна $1,01 \text{ г/см}^3$, температура кипения 113°C . Энергоемкость аммиака (в МДж/кг) ниже, чем бензина, метанола и водорода примерно в 2,5; 11 и 7 раз. Однако если по энергоплотности (в МДж/л) он уступает бензину и метанолу (примерно в 3 и 1,3 раза), то 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.

Условия в камерах сгорания современных дизелей и двигателей с принудительным воспламенением недостаточны для обеспечения устойчивого рабочего процесса на аммиачном топливе. Это связано с высокими температурами воспламенения аммиачно-воздушных смесей и их вялым горением. Последнее 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.

Добавка высокоактивных газов (водорода, ацетилена и др.) также способствует улучшению сгорания аммиака. В этом случае активирующий газ, например, водород, впрыскивают во впускной трубопровод двигателя, так как его совместная подача с аммиаком приводит к возникновению интенсивных "стуков" в камере сгорания. Добавка 6-10% водорода

обеспечивает устойчивое сгорание аммиака, начиная со степеней сжатия примерно 21 и температур на впуске 65°C, однако наилучшие показатели двигателя получаются при степени сжатия, равной 26. Максимальное давление и жесткость работы двигателя в этом случае еще довольно высоки. Более эффективны добавки к аммиаку ацетилена в количестве 15-20%, позволяющее обеспечить устойчивое сгорание NH_4 при снижении степени сжатия до 16.

В связи с высокой температурой замерзания гидразина и другими его эксплуатационными свойствами к нему целесообразно добавлять антифриз для того, чтобы его можно было использовать как автомобильное топливо. Наиболее эффективными антифризами для гидразина являются вода и (или) аммиак. Примерный вариант тройной смеси гидразина, 10% аммиака и 26% воды. Соотношение может меняться, так как у гидразина сравнительно низкое октановое число и добавка к нему аммиака только увеличит октановое число.

1.9.3 Пылевидное топливо и суспензии

В последние годы проводятся экспериментальные и эксплуатационные исследования по непосредственному применению твердого топлива в двигателе внутреннего сгорания в виде каменноугольной пыли или ее суспензии с жидким топливом и получены первые положительные результаты. Пылевидное топливо или дисперсные топливные системы (ДТС) находят все большее применение. Это объясняется рядом факторов: увеличением доли углей и тяжелых жидких топлив в энергетике и технологии; привлечение к использованию отходов топливных отраслей промышленности: требованиями защиты окружающей среды; эффективностью их горения. Последний фактор следовало бы назвать первым, т.к. он определяется полнотой сгорания топлива, уменьшением сажеобразования и содержания в дымовых газах продуктов неполного сгорания, и, следовательно, экономичностью использования топлива. Эффективность применения ДТС определяется такими их свойствами, как стабильность, вязкость, транспортабельность и др. Поскольку ДТС в ряде случаев обладают определенными преимуществами перед натуральными топливами, перспективы и масштабы их применения будут непрерывно расти.

В настоящее время для работы на пылеугольном топливе цикл дизеля считается, по существу, единственным для практического применения. Есть основания говорить, о двух самостоятельно развивающихся направлениях

использования угольного пылевидного топлива в дизелях. В первом случае продолжается работа по применению пылеугольного топлива в чистом виде, а во втором - его смесей с жидкими топливами или водой (в виде угольных суспензий).

Угольные суспензии могут быть водноугольные и углемасляные. В первом случае дисперсионной средой (ДС) является вода, а во втором случае - жидкие углеводороды: бензин, керосин, дизельное топливо, мазут или угольные смолы, метанол. Могут применяться и более сложные, например трехкомпонентные многокомпонентные суспензии, содержащие помимо угля и углеводородной среды до 10-15% воды, которая обеспечивает более высокую стабильность этих систем, улучшает процесс сгорания и снижает на 30-40% содержание оксидов азота в продуктах сгорания.

1.9.4 Биотопливо

Биотопливо (биогенное топливо) - жидкое, газообразное и твердое искусственное топливо, получаемое в результате переработки биомассы и органических отходов коммунально-бытового хозяйства и промышленного производства различными термическими и биологическими способами. Биогаз - смесь газов; примерный состав: метан - 55-65%, углеродистый газ - 35-45%, примеси азота, водорода, кислорода и сероводорода. Биогаз образуется в процессе разложения отходов (навоза, соломы и т.п.), илового осадка и органических бытовых отходов целлюлозными анаэробными организмами при участии бактерий метанового брожения. Используется как топливо. Производство биогаза - это одновременное решение четырех современных проблем: экологической, агрохимической (производство удобрений), энергетической и экономической. Проблема "биогаз" имеет и некоторые недостатки. Это прежде всего несовершенство технологий, что влечет за собой дополнительные издержки на строительство и эксплуатацию биогазовых станций и установок.

Для производства биогаза используют также сточные, канализационные воды и городские бытовые отходы. Полученный биогаз может удовлетворять не менее 70-80% в потребности электроэнергии самих очистных сооружений. Избыточное количество биогаза может использоваться в коммунальных газовых сетях.

Эффективность использования каждого варианта альтернативных топлив определяется совокупностью многих критериев, важнейшими из которых являются: экономический, энергетический, экологический и ресурсный.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРУЕМОСТИ БИОТОПЛИВА

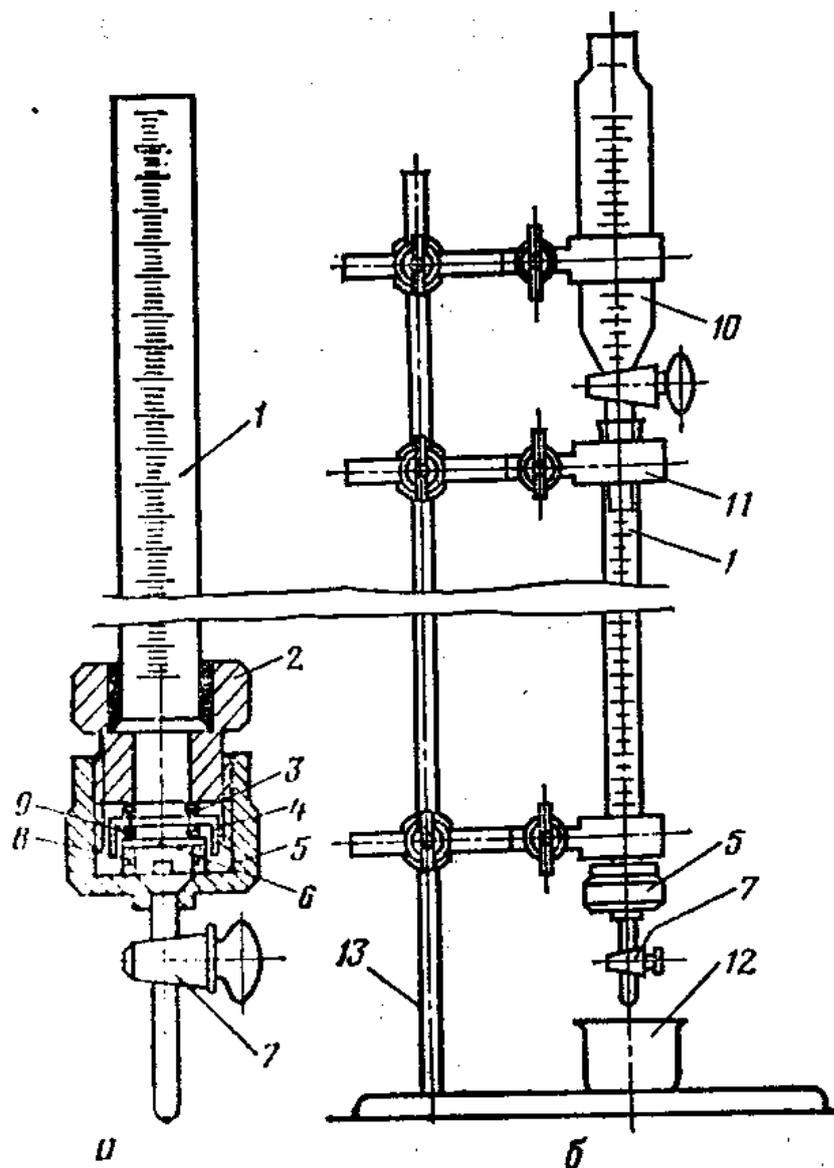
Цель работы: Изучить влияние фильтруемости биотоплива на работу двигателя, зависимость фильтруемости биотоплива топлива от химического состава и методы определения коэффициента фильтруемости.

Проведение испытаний

Прибор для определения коэффициента фильтруемости представляет собой корпус 5 (рисунок 1, а), в котором располагается фильтрующее устройство, состоящее из оправы 4 фильтра, фильтра 6, седла 8 фильтра и двух резиновых колец (прокладок) 3 и 9. В металлической оправе 2 укреплена стеклянная градуированная трубка 1 с нанесенными на ней рисунками А, В и С, ограничивающими объемы по 2 мл, и с одноходовым стеклянным краном 7. В качестве фильтра 6 используют фильтрованную бумагу марки БФДТ с тонкостью отсева не более 3 мкм и толщиной $0,33 \pm 0,03$ мм.

Перед испытанием пробу топлива перемешивают в течение 2...3 мин, затем 250 мл пробы наливают в сухую чистую стеклянную посуду. Прибор для определения коэффициента фильтруемости собирают по схеме (рисунок 1, б). Перед установкой бумажного фильтра прибор и стеклянную цилиндрическую воронку промывают испытуемым дизельным топливом. Затем в оправу фильтра помещают резиновое кольцо, бумажный фильтр диаметром 17 мм (светлой стороной навстречу потоку) и седло фильтра (насечками вверх). Оправу фильтра устанавливают в корпус прибора седлом вниз и на нее укладывают резиновое кольцо. Собранный таким образом прибор и стеклянную цилиндрическую воронку 10 устанавливают вертикально при помощи зажимов 11 в штативе 13. Под прибором помещают стеклянный стакан 12 для отбора отфильтрованного топлива. Испытания

проводят при температуре окружающей среды. Дизельное топливо предварительно выдерживают при этой температуре в течение 15 мин.



a – прибор; *б* – общий вид установки; 1 – стеклянная градуированная трубка; 2 – металлическая оправа; 3 и 9 резиновые кольца (прокладки); 4 – оправа фильтра; 5 – корпус; 6 – фильтр; 7 – стеклянный кран; 8 – седло фильтра; 10 – стеклянная цилиндрическая воронка; 11 – зажим для крепления прибора; 12 – стеклянный стакан; 13 – штатив.

Рисунок 1. Установка для определения коэффициента фильтруемости

Сначала стеклянный кран 8 перекрывают и в стеклянную цилиндрическую воронку 10 наливают 50 мл перемешанного испытуемого

топлива. Затем заполняют им стеклянную градуированную трубку 1 до верхней метки В. После этого цилиндрическую воронку снова заполняют топливом до метки 50 мл.

Топливо выдерживают в приборе 2 мин, далее открывают стеклянный кран 7 и измеряют время истечения 2 мл дизельного топлива от метки В до средней метки А. Продолжая фильтрование, в стеклянную градуированную трубку 1 из цилиндрической воронки 10 заливают 5 мл топлива. Его следует заливать не позже того момента, когда уровень топлива достигнет нижней метки С, то есть уменьшится не более чем на 2 мл.

При достижении уровнем верхней метки В вновь измеряют время истечения 2 мл топлива от метки В до метки А. При определении коэффициента фильтруемости топлива проводится десять замеров.

Обработка результатов

Коэффициент K_n фильтруемости топлива находят как отношение времени t_n (мин) фильтрации каждых последующих 2 мл топлива ко времени t (мин) фильтрации первых 2 мл

$$K_n = t_n / t$$

Коэффициент фильтруемости дизельного топлива первого замера равен единице.

За коэффициент фильтруемости испытываемого топлива принимают отношение времени t_{10} истечения последних 2 мл топлива ко времени t_1 истечения первых 2 мл

$$K_n = t_{10} / t_1$$

За результат испытания принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ БИОТОПЛИВА

Цель работы: Усвоить влияние вязкости биодизельного топлива на качество смесеобразования и интенсивность нагарообразования, пусковые свойства и экономичность работы двигателя.

Порядок выполнения работы

Для определения кинематической вязкости служат капиллярные вискозиметры типа Пинкевича (ВПЖ–4).

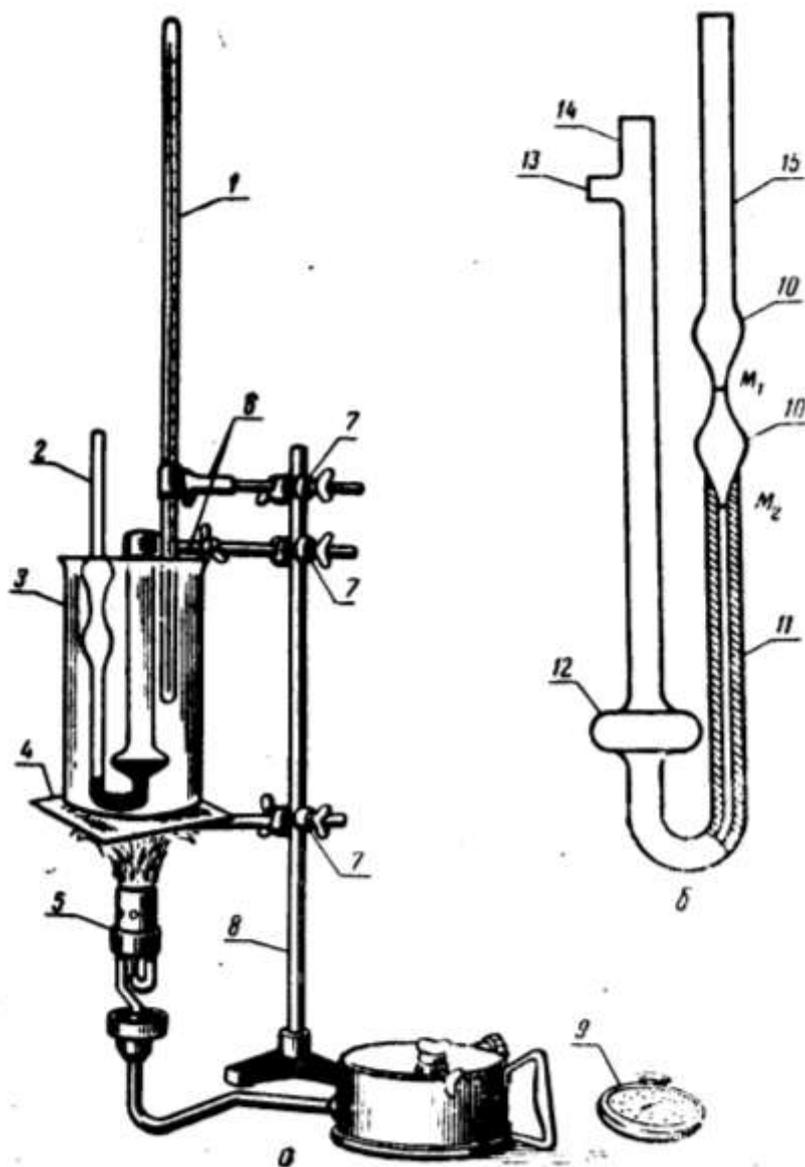
Измерение вязкости при помощи вискозиметра основано на определении времени истечения через капилляр определенного объема жидкости из измерительного резервуара (рисунок 4).

Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляров: от 0,6 до 2,5 мм. Чем выше вязкость нефтепродукта, тем больше должен быть выбран диаметр капилляра. К прибору прилагается паспорт, в котором указан номер вискозиметра, его диаметр и постоянная вискозиметра – C , выраженная в сСс/с .

Для биодизельного топлива обычно пригодны вискозиметры диаметром 0,6–0,8 мм, для моторных масел – более 0,8 мм.

Сухой и чистый вискозиметр заполняют профильтрованным топливом при помощи резиновой трубки, надетой на отводной патрубком (13), для чего широкую трубку (14) закрывают пальцем, переворачивают вискозиметр, узкий конец (15) опускают в стаканчик с нефтепродуктом и при помощи резиновой груши засасывают топливо в две емкости (10) до метки (M_2), следя за тем, чтобы в жидкости не образовались пузырьки воздуха. Далее быстро переворачивают вискозиметр в нормальное положение, снимают резиновую трубку с отводного отростка и надевают на узкий конец, предварительно сняв с внешней стороны избыток жидкости.

Заполненный вискозиметр закрепляют в стакане держателем (6) в строго вертикальном положении так, чтобы верхний шарик был погружен в жидкость.



a – общий вид прибора; *б* – вискозиметр Пинкевича; 1 – термометр; 2 – вискозиметр; 3 – химический стакан емкостью 1–1,5 л; 4 – асбестовая сетка; 5 – горелка; 6 – держатель; 7 – двойная муфта; 8 – стержень штатива; 9 – секундомер; 10 – калибровочные шаровые емкости; 11 – капиллярная трубка; 12 – расширенная емкость для нагревания продукта; 13 – отводной отросток; 14 – широкая трубка; 15 – узкое колено вискозиметра.

Рисунок 2. Прибор для определения кинематической вязкости

При определении вязкости до 100°С (273°К) жидкостью в ванне (стакане) является вода; при 100°С (273°К) и выше вода непригодна, т.к. она кипит и испаряется.

В этом случае пользуются жидкостью с температурой кипения выше, чем температура испытания: глицерином или маловязким светлым маслом (трансформаторным, турбинным, вазелиновым).

Внутри стакана, укрепленного на штативе, помещают термометр и мешалку, под дно ставят горелку (5) или электрическую плитку.

Для дизельного топлива вязкость нормируют при +20°С (293°К), поэтому осторожным нагреванием температуру ванны доводят до 20±0,2°С и поддерживают её в течении 10... 15 мин. За это время продукт перетечет в широкую часть вискозиметра и его температура будет равна +20°С (293°К). После этого резиновой трубкой с грушей, надетой на узкую часть вискозиметра отсторожно засасывают дизельное топливо в узкое колено (15) так, чтобы уровень его был несколько выше шейки между двумя шаровыми емкостями (M₁). Снимают резиновую трубку и наблюдают за опусканием топлива. Когда уровень достигнет черты между емкостями (M₁), включают секундомер, который останавливают в момент достижения жидкостью черты у основания нижней шаровой емкости (M₂). Таким образом, отмечают время движения жидкости через капилляр в объеме нижней шаровой емкости (от метки M₁ до M₂).

Определение повторяют 3 раза, причем расхождение между отсчетами должно быть не более 0,4 с. Из трех полученных отсчетов берут среднеарифметическое и подсчитывают вязкость по формуле:

$$\nu_4^{20} = T_{cp} \cdot c ,$$

где ν_4^{20} – кинематическая вязкость жидкости при +20°С (293°К) сСт (мм²/с);

T_{cp} – среднее время истечения топлива при 20°С (293°К), с;

c – постоянная вискозиметра, сСт/С (мм²/с²).

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Записать в журнал следующее:

1. Наименование топлива _____
2. Диаметр капилляра вискозиметра _____ мм.
3. Постоянную вискозиметра C _____
4. Время истечения испытуемого топлива в секундах:

$\tau_1 =$	$\tau_2 =$	$\tau_3 =$
------------	------------	------------

5. Среднеарифметическое значение времени из трёх опытов:

$$t_{cp} = \frac{C}{3}$$

6. Подсчитать кинематическую вязкость топлива:

$$\nu_4^{20} = C \cdot \tau_{cp}, \text{ сСт}$$

7. Определение понятия кинематической вязкости

8. Полученное значение вязкости топлива перевести в систему единиц СИ

Дата выполнения

Работу принял

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Лышко Г.П. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. – М.: Колос, 1979. – с.39...61.
- 2.Итинская Н.И. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. – М.: Колос, 1974. – с.72...107.
- 3.Итинская Н.И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. –М.: Колос, 1982. – с.22...48.
- 4.Нефтепродукты. Государственные стандарты. Методики испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1977.
5. Стребков С.В., Стрельцов В.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе. Учебное пособие. – Белгород: 1999. – 404 с.