Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова»

Е.Л. Иовлева

2020

Автомобильные эксплуатационные материалы

Учебное пособие

МИР НАУКИ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

УДК 656
ББК 39
И 75

Рецензент: Бояршинов Анатолий Леонидович – кандидат технических наук, доцент, заведующий сектора «Эргономика северной техники» ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Иовлева, Елизавета Лонгиновна
И 75 Автомобильные эксплуатационные материалы. Учебное пособие – М.: Мир науки, 2020. – Сетевое издание. Режим доступа: https://izd-mn.com/PDF/07MNNPU20.pdf – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-6044336-1-4

В учебном пособии приведены материалы по основным разделам дисциплин «Автомобильные эксплуатационные материалы» и «Топливо смазочные материалы». В пособии приведены физические химические свойства топлив, технология получения моторных топлив. Особое внимание уделено влиянию фракционного состава, детонационной стойкости, способности самовоспламенения, давления насыщенных паров, низкотемпературные характеристики на эксплуатационные свойства топлив. Рассмотрены вопросы касаемо топливной экономичности. И приведены лабораторно-практические работы по дисциплине «Автомобильные эксплуатационные материалы». Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы профиль «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиль «Транспорт» и может быть полезным студентам технических колледжей.

ISBN 978-5-6044336-1-4

© Иовлева Елизавета Лонгиновна
© ООО Издательство «Мир науки», 2020

Оглавление

Введение 4

1. Нефть источник получения топлив 5

1.1. Определения и происхождение нефти 5
1.2. Очистка и переработка нефти 7

Контрольные вопросы 12

2. Автомобильные бензины 13

2.1. Свойства автомобильных бензинов 13
2.2. Маркировка автомобильных бензинов. Требования российских стандартов к качеству бензинов 17
2.3. Европейские стандарты Евро-5 и Евро-6 21

Контрольные вопросы 24

3. Дизельное топливо 25

3.1. Эффективность работы дизельного двигателя 25
3.2. Эксплуатационные свойства дизельного топлива 32
3.3. Дизельные топлива, их классификация, требования к ним по Российским ГОСТам. Европейские и мировые стандарты на дизельное топливо. 48

Контрольные вопросы 55

4. Топливная экономичность как основной эксплуатационный фактор автомобильного транспорта на Севере 56

4.1 Факторы, способствующие снижению расхода топлива 57
4.2 Зависимость топливной экономичности автомобиля от температурного режима основных агрегатов при эксплуатации в условиях холодного климата 59

Контрольные вопросы 61

5. Лабораторно-практические работы автомобильных эксплуатационных материалов 62

Лабораторная работа №1. Лабораторные исследования по выделения фракций автомобильного бензина и дизельного топлива из нефти методом ее фракционирования 64

Контрольные вопросы 65

Лабораторная работа №2. Лабораторные исследования по определению эксплуатационных характеристик автомобильного бензина и дизельного топлива 66

1. Методика определения кинематической вязкости 66
2. Методика определения плотности 68
3. Методика определения предельной температуры фильтруемости 70
4. Методика определение температуры застывания 74

Контрольные вопросы 77

Лабораторная работа №3. Исследование топлив на ядерно-магнитном резонансном спектрометре 78

Контрольные вопросы 80

Библиографический список 81

Введение

В России эксплуатируется более 30 млн единиц мобильных транспортных машин с двигателями внутреннего сгорания, среди которых около 20 млн автомобилей. На автомобильный транспорт приходится более 50 % грузовых и пассажирских перевозок. Для привода в движение автомобилей и другой техники используют в основном двигатели внутреннего сгорания. Автомобильный транспорт потребляет значительную часть жидкого топлива, проблема экономии горюче-смазочных материалов для этой отрасли является наиболее острой. Эффективность работы автомобиля определяется совместным влиянием всей совокупности эксплуатационных свойств автомобиля. Для обеспечения надежной и экономичной работы двигателя топлива должно отвечать следующим требованиям: иметь хорошее смесеобразование и воспламеняемость; обладать соответствующей вязкостью; иметь хорошую прокачиваемость при различных температурах окружающего воздуха; содержать как можно меньше сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды.

Современный инженер должен знать новейшие технологии получения высококачественных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, их физико-химические, эксплуатационные и экологические свойства, требования к ним, передовой опыт, нормативные документы, классификацию, способы экономии, правила хранения, технику безопасности.

Специалист должен приобрести навыки экспресс-анализа, уметь определить вид эксплуатационного материала, его токсичность, взрывоопасность, сопоставлять отечественную и зарубежную маркировку, определять расход топлива при работе двигателя.

В учебном пособии приведены материалы, охватывающие основные разделы курсов «Автомобильные эксплуатационные материалы». Целью учебного пособия является формирование знаний у студентов технических специальностей в области теории и практики рационального использования моторных топлив.

1. Нефть источник получения топлив

1.1. Определения и происхождение нефти

Нефть (определение нефти, через тур. neft, от персидского нефт; восходит к аккад. напатум – вспыхивать, воспламеняться) – природная маслянистая горючая жидкость, состоящая из сложной смеси углеводородов и определенных органических соединений. По цвету нефть бывает красно – коричневого, иногда почти чёрного цвета, хотя иногда встречается и слабо окрашенная в жёлто-зелёный цвет и даже бесцветная нефть, имеет специфический запах, распространена в осадочных породах Земли.

Сегодня нефть является одним из важнейших для человечества полезных ископаемых.

Сырая нефть (понятие о нефти не прошедшей переработку) – природная легко воспламеняющаяся жидкость, располагающаяся в глубоких осадочных отложениях и хорошо известная благодаря ее использованию в качестве топлива и сырья для химического производства.

Химическая нефть (химическое понятие о нефти) – это сложная смесь углеводородов с различным числом атомов углерода в молекулах; в их составе могут присутствовать сера, азот, кислород и незначительные количества некоторых металлов.

Нефть обнаруживается вместе с газообразными углеводородами на глубинах от десятков метров до 5–6 км. Однако на глубинах свыше 4,5–5 км преобладают газовые и газоконденсатные залежи с незначительным количеством лёгких фракций. Наибольшее число залежей нефти располагается на глубине от 1 до 3 км. На малых глубинах и при естественных выходах на земную поверхность нефть преобразуется в густую мальту, полутвёрдый асфальт и другие нефтяные образования – например, битуминозные пески и битумы.

Углеводороды – органические соединения, состоящие исключительно из атомов углерода и водорода. Углеводороды считаются базовыми соединениями органической химии. Все остальные органические соединения рассматриваются как их производные. Поскольку углерод имеет четыре валентных электрона, а водород – один, простейший углеводород – метан, или болотный газ CH_4.

По химическому составу и происхождению нефть близка к естественным горючим газам, озокериту, а также асфальту. Эти ископаемые объединяют под общим названием петролитов. Петролиты относят к ещё более обширной группе так называемых каустобиолитов – горючих минералов биогенного происхождения, которые включают также ископаемые твёрдые топлива.

Первые сведения и упоминания о нефти. Первые сведения о нефти упоминались еще в средние века, интерес к нефти, в основном, основывался на её способности гореть.

Так сохранились первые сведения о «горючей воде – густе», привезённой с Ухты в Москву при Борисе Годунове. До начала 18 века нефть преимущественно использовалась в натуральном, то есть непереработанном и неочищенном виде.

Большое внимание на нефть в качестве полезного ископаемого было обращено только после того, как:

В России заводской практикой братьев Дубининых (1823),

В Америке химиком Б. Силлиманом (1855),

было доказано, что из неё можно получить керосин – осветительное масло, подобное фотогену, уже в то время вырабатывавшемуся из некоторых видов каменных углей и сланцев и получившему широкое распространение в быту. Преимущественное использование

переработанной нефти началось только во второй половине 19 века, чему способствовал возникший в это время новый способ добычи нефти с помощью буровых скважин вместо колодцев. Первая в мире добыча нефти из буровой скважины состоялась в 1848 году на Биби-Эйбатском месторождении вблизи Баку.

Происхождение нефти. Нефть – результат литогенеза. Она представляет собой жидкую (в своей основе) гидрофобную фазу продуктов фоссилизации (захоронения) органического вещества (керогена) в водно-осадочных отложениях (определение нефти).

Керогены – это полимерные органические материалы, которые расположены в существующих породах, таких как нефтеносные сланцы, и являются одной из форм нетрадиционной нефти. Они нерастворимы в обычных органических растворителях благодаря своей высокой молекулярной массе (более 1000 г Моль). Каждая молекула керогена является уникальной, поскольку она представляет собой случайное сочетание различных мономеров. Согласно теории появления органических нефтяных материалов остатки растений и морских организмов под воздействием высоких температур и давления преобразуется в первую очередь в кероген, затем в битум и, наконец, в нефть и газ.

Нефтеобразование – стадийный, весьма длительный (обычно 7-10 тыс. лет) процесс, начинающийся ещё в живом веществе. Выделяется ряд стадий:

1. осадконакопление – период при котором остатки живых организмов выпадают на дно водных бассейнов;
2. биохимический этап – процессы уплотнения, обезвоживания и биохимические процессы в условиях ограниченного доступа кислорода;
3. стадия протокатагенеза – опускание пласта органических остатков на глубину до 1,5 – 2 км, при медленном подъёме температуры и давления;
4. мезокатагенез или главная фаза нефтеобразования (ГФН) – опускание пласта органических остатков на глубину до 3 – 4 км, при подъёме температуры до 150 °С. При этом органические вещества подвергаются термокаталитической деструкции, в результате чего образуются битуминозные вещества, составляющие основную массу микро-нефти. Далее происходит отгонка нефти за счёт перепада давления и эмиграционный вынос микро-нефти в песчаные пласты-коллекторы, а по ним в ловушки;
5. апокатагенез керогена или главная фаза газообразования (ГФГ) – опускание пласта органических остатков на глубину более 4,5 км, при подъёме температуры до 180–250°С. При этом органическое вещество теряет нефть генерирующий потенциал и реализовывает метаногенерирующий потенциал.

И.М. Губкин отмечал также стадию разрушения нефтяных месторождений.

Убедительные доказательства биогенной природы происхождения нефти - материнского вещества были получены в результате детального изучения эволюции молекулярного состава углеводородов и их биохимических предшественников (прогениторов) в исходных организмах, в органическом веществе осадков и пород и в различных типах нефти из залежей. Важным явилось обнаружение в составе нефти хемофоссилий – весьма своеобразных, часто сложно построенных молекулярных структур явно биогенного происхождение нефти, то есть унаследованных (целиком или в виде фрагментов) от органических веществ. Изучение распределения стабильных изотопов углерода (12С, 13С) в нефти, органическом веществе пород и в организмах (А.П. Виноградов, Э.М. Галимов) также подтвердило неправомочность неорганических гипотез.

1.2. Очистка и переработка нефти

Обычная сырая нефть из скважины – это зеленовато-коричневая легко воспламеняющаяся маслянистая жидкость с резким запахом. На промыслах она хранится в крупных резервуарах, откуда транспортируется танкерами или по трубопроводам в резервуары перерабатывающих заводов. На многих заводах различные типы сырых нефтей разделяются по их свойствам согласно результатам предварительной лабораторной переработки. Она указывает приблизительное количество бензина, керосина, смазочных масел, парафина и мазута, которое можно выработать из данной нефти. Химически нефти очень различны и изменяются от парафиновых, которые состоят большей частью из парафиновых углеводородов, до нафтеновых или асфальтеновых, которые содержат в основном циклопарафиновые углеводороды; существует много промежуточных или смешанных типов. Парафиновые нефти по сравнению с нафтеновыми или асфальтеновыми обычно содержат больше бензина и меньше серы и являются главным сырьем для получения смазочных масел и парафинов. Нафтеновые типы сырых нефтей, в общем, содержат меньше бензина, но больше серы и мазута, а также асфальта.

Сырая нефть содержит некоторое количество растворенного газа, который соответствует по составу и строению природным газам и состоит из легких парафиновых углеводородов. Жидкая фаза сырой нефти содержит сотни углеводородов и других соединений, имеющих точку кипения от 38ºС до примерно 430ºС, причем процентное содержание каждого из углеводородов невелико. Например, бензиновая фракция может содержать до 200 индивидуальных углеводородов, однако в типичном бензине присутствует лишь около 60 углеводородов – от метана с т.кип. -161ºС до мезитилена (ароматического углеводорода), с т.кип. 165ºС. Они включают парафины, циклопарафины и ароматические соединения, но олефины отсутствуют. Огромный труд, необходимый для анализа состава углеводородов бензинов, делает практически невозможным проведение этих исследований при обычных шаблонных определениях. Что касается соединений, кипящих при температурах выше 165° С, присутствующих в керосине и высококипящих дистиллятах и остатках, трудности идентификации отдельных компонентов возрастают из-за большого количества соединений, перекрывания их температур кипения и возрастающей тенденции высококипящих соединений к разрушению при нагревании. Поэтому все горючие нефтяные продукты подразделяются на фракции по температурным пределам их кипения и по плотности, а не по химическому составу.

Соединения, присутствующие в асфальтах и подобных им тяжелых остаточных продуктах, чрезвычайно сложны. Анализы показывают, что они представляют собой полициклические соединения.

Первичная переработка нефти. Обессоливание Производственный цикл переработки нефти начинается с электрообессоливающих установок (ЭЛОУ). В нефти есть минеральные примеси, в том числе и соли: хлориды, сульфаты и другие. В некоторых сортах нефти содержатся и минеральные кислоты. Все эти соединения необходимо выделить из нефти, так как они, во-первых, вызывают коррозию аппаратуры, а, во-вторых, являются каталитическими ядами, то есть ухудшают протекание многих химических процессов последующей переработки нефти. Обессоливание начинают с того, что нефть забирают из заводского резервуара, смешивают ее с промывной водой, деэмульгаторами, щелочью (если в сырой нефти есть кислоты). Затем смесь нагревают до 80–120°С и подают в электродегидратор. Здесь под воздействием переменного электрического поля и температуры

капли воды и рас творенные в ней неорганические соединения укрупняются и отделяются от нефти. Требования к процессу обессоливания жесткие – в нефти должно остаться не более 3 – 4 мг/л солей и около 0,1% воды.

Поэтому чаще всего в производстве применяют двухступенчатый процесс, и нефть после первого попадает во второй электродегидратор.

Прямая перегонка нефти. Все современные нефтеперерабатывающие установки имеют секции первичной переработки. Их задача – разделить нефть на отдельные фракции.

Перегонка нефти (дистилляция) – процесс разделения нефти на отдельные фракции в зависимости от температуры их кипения. Фракции, выкипающие до 330–350°С, выделяются на установках под атмосферным давлением. Такие установки носят название атмосферных. Отгонять из нефти фракции, выкипающие при более высокой температуре, при атмосферном давлении нельзя, так как в этих условиях разложение углеводородов начинается раньше, чем их выкипание.

Для более глубокого фракционирования, т. е. выделения масляных фракций, давление в установках понижают до 7–8 кПа. При этом понижается температура кипения углеводородов, что позволяет продолжить перегонку и получить уже не только топливные, но и масляные фракции. Такие установки называют вакуумными. Объединенные в единый комплекс атмосферная и вакуумная установки носят название атмосферно-вакуумной установки (рисунок 1.).

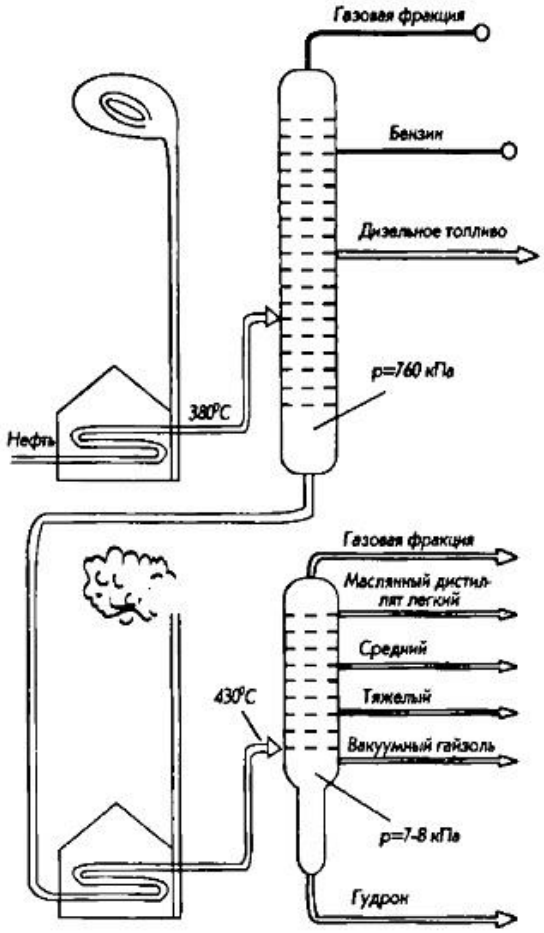

Рисунок 1. Атмосферно-вакуумная установка.

В атмосферных секциях выделяются следующие фракции:

1. углеводородный нефтяной газ;
2. бензин, выкипающий в диапазоне 35–200°С;

3. топливо для реактивных двигателей (120–315°С);
4. дизельное топливо (180–360°С).

Оставшийся мазут подается в вакуумные секции, где под вакуумом фракционируется на легкие, средние и тяжелые масла. Если мазут предназначается для использования в качестве котельного топлива, отгоняют только его фракцию.

После отгона из мазута масляных фракции или фракций котельного топлива остается гудрон. Гудрон уже при 30–40°С застывает, образуя твердую массу.

Его используют как сырье для приготовления битума или масел очень высокой вязкости. Для перегонки нефть нагревают в трубчатых печах. Это большое сооружение, нагревающее до 1000 т сырья в 1 час при тепловой нагрузке до 4,2·106 кДж/ч. Из трубчатой печи нагретую до 380°С нефть и испарившиеся фракции направляют в специальную установку, называемую ректификационной колонной, которая представляет собой вертикально установленный прочный металлический цилиндр с наружной теплоизоляцией. Это конструкции, обеспечивающие контакт между восходящими парами и нисходящей жидкостью (флегмой).

В зависимости от внутреннего устройства колонны делятся на *насадочные, тарельчатые, роторные*. Обычно на нефтеперерабатывающем заводе таких установок от двух до пяти. Первая атмосферная колонна представляет собой сооружение диаметром 7 метров в нижней и 5 метров в верхней части. Высота колонны – 51 метр. По существу, это два цилиндра, поставленные один на другой. Внутри колонны поперек цилиндра расположены перегородки с отверстиями, прикрытыми колпачками (колпачковые тарелки). Ректификационных тарелок 30–40 штук. Часть колонны, лежащая на уровне ввода нагретого в трубчатой печи продукта, является испарительной (эвапорационной) зоной и называется кубом.

Температура в ректификационной колонне снижается от куба к самой последней, верхней тарелке. Если в кубе она 380°С, то на верхней тарелке она должна быть не выше 35–40°С, чтобы сконденсировать и не потерять все углеводороды С5. Верхом колонны уходят несконденсировавшиеся углеводородные газы С1-С4. Устанавливаются отводы на разной высоте, чтобы получать фракции перегонки нефти, каждая из которых кипит в заданных температурных пределах.

Принцип действия состоит в том, что пар проходит флегму в виде мельчайших пузырьков, и площадь соприкосновения пара-жидкость очень высока. В результате пары обогащаются низкокипящими компонентами, а жидкая фаза – высококипящими компонентами.

Нефть поначалу перегоняют на широкие фракции. Это прежде всего бензиновая фракция (прямогонный бензин) 40–150°С, фракция реактивного топлива (140–240°С), затем дизельная (240–350°С).

Вторичная переработка нефти методами термической деструкции и синтеза Возрастающая потребность в производстве топлив и ограниченность их содержания в исходном сырье сделали необходимым применение вторичной переработки нефти, позволяющей значительно увеличить выход топливных фракций (например, выход бензина может возрасти с 20 до 60 %). Разработаны, изучены и нашли практическое применение несколько видов крекинга: термический, каталитический, гидрокрекинг, каталитический риформинг

Термический крекинг. Склонность к дополнительному разложению более тяжелых фракций сырых нефтей при нагреве выше определенной температуры привела к очень

важному успеху в использовании крекинг-процесса. Когда происходит разложение высококипящих фракций нефти, углерод-углеродные связи разрушаются, водород отрывается от молекул углеводородов и тем самым получается более широкий спектр продуктов по сравнению с составом первоначальной сырой нефти. Например, дистилляты, кипящие в интервале температур 290–400ºС, в результате крекинга дают газы, бензин и тяжелые смолоподобные остаточные продукты. Крекинг-процесс позволяет увеличить выход бензина из сырой нефти путем деструкции более тяжелых дистиллятов и остатков, образовавшихся в результате первичной перегонки.

Выход кокса определяется природой перерабатываемого сырья и степенью рециклизации наиболее тяжелых фракций. Как правило, из исходного крекируемого объема образуется примерно 15–25% лигроина и 35–50% газойля (т.е. легкого дизельного топлива) наряду с крекинг-газами и коксом. Последний используется в основном как топливо, исключая образующиеся специальные виды кокса (один из них является продуктом обжига и используется при производстве углеродных электродов). Коксование до сих пор пользуется популярностью главным образом как процесс подготовки исходного материала для каталитического крекинга.

Каталитический крекинг. Катализатор – это вещество, которое ускоряет протекание химических реакций без изменения сути самих реакций. Каталитическими свойствами обладают многие вещества, включая металлы, их оксиды, различные соли.

Риформинг – это процесс преобразования линейных и нециклических углеводородов в бензолоподобные ароматические молекулы. Ароматические углеводороды имеют более высокое октановое число, чем молекулы других углеводородов, и поэтому они предпочтительней для производства современного высокооктанового бензина.

При термическом риформинге, как и при каталитическом крекинге, основная цель состоит в превращении низкооктановых бензиновых компонентов в более высокооктановые. Процесс обычно применяется к парафиновым фракциям прямой перегонки, кипящим в пределах 95–205° С. Более легкие фракции редко подходят для таких превращений.

Существуют два основных вида риформинга – *термический и каталитический*. В первом соответствующие фракции первичной перегонки нефти превращаются в высокооктановый бензин только под воздействием высокой температуры; во втором преобразование исходного продукта происходит при одновременном воздействии как высокой температуры, так и катализаторов. Более старый и менее эффективный термический риформинг используется кое-где до сих пор, но в развитых странах почти все установки термического риформинга заменены на установки каталитического риформинга. Если бензин является предпочтительным продуктом, то почти весь риформинг осуществляется на платиновых катализаторах, нанесенных на алюминийоксидный или алюмосиликатный носитель.

Большинство установок риформинга – это установки с неподвижным слоем. (Процесс каталитического риформинга, в котором используется стационарный катализатор, называется платформингом.) Но под действием давления ок. 50 атм (при получении бензина с умеренным октановым числом) активность платинового катализатора сохраняется примерно в течение месяца. Установки, в которых используется один реактор, приходится останавливать на несколько суток для регенерации катализатора. В других установках используется несколько реакторов с одним добавочным, где проводится необходимая регенерация. Жизнь платинового катализатора сокращается при наличии серы, азота, свинца и других «ядов». Там, где эти компоненты представляют проблему, обычно до входа в реактор проводят

предварительную обработку смеси водородом (т.н. гидроочистка, когда до подачи в реактор нефтяных погонов – бензинов прямой перегонки – их пропускают через водородсодержащие газы, которые связывают вредные компоненты и снижают их содержание до допустимых пределов). Некоторые реакторы с неподвижным слоем заменяются на реакторы с непрерывной регенерацией катализатора. В этих условиях катализатор перемещается через реактор и непрерывно регенерируется.

Реакции, в результате которых при каталитическом риформинге повышается октановое число, включают:

1. дегидрирование нафтенов и их превращение в соответствующие ароматические соединения;
2. превращение линейных парафиновых углеводородов в их разветвленные изомеры;
3. гидрокрекинг тяжелых парафиновых углеводородов в легкие высокооктановые фракции;
4. образование ароматических углеводородов из тяжелых парафиновых путем отщепления водорода.

Большинство богатых водородом газов, выделяющихся в этих установках, используются при гидрокрекинге и т.п.

Гидрокрекинг. Ранние работы по получению жидкого топлива из углей путем гидрирования под высоким давлением (процесс Бергуса) проводились главным образом в Германии с использованием весьма сильных катализаторов, таких, как оксиды молибдена, которые либо нечувствительны к присутствию серы, либо в значительной степени сохраняют свою активность после прошедшей сульфатизации. Для этого были необходимы следующие параметры: давление до 280 атм, температура ок. 450ºС и катализатор. Давления, используемые в современных процессах гидрокрекинга, составляют от примерно 70 атм для превращения сырой нефти в сжиженный нефтяной газ (LP-газ) до более чем 175 атм, когда происходят полное коксование и с высоким выходом превращение парообразной нефти в бензин и реактивное топливо. Процессы проводят с неподвижными слоями (реже в кипящем слое) катализатора. Процесс в кипящем слое применяется исключительно для нефтяных остатков – мазута, гудрона. В других процессах также использовались остаточное топливо, но в основном – высококипящие нефтяные фракции, а кроме того, легкокипящие и среднедистиллятные прямогонные фракции. Катализаторами в этих процессах служат сульфидированные никель-алюминиевые, кобальт-молибден-алюминиевые, вольфрамовые материалы и благородные металлы, такие, как платина и палладий, на алюмосиликатной основе.

Там, где гидрокрекинг сочетается с каталитическим крекингом и коксованием, не менее 75–80% сырья превращается в бензин и реактивное топливо. Выработка бензина и реактивных топлив может легко изменяться в зависимости от сезонных потребностей. При высоком расходе водорода выход продукции на 20–30% выше, чем количество сырья, загружаемого в установку. С некоторыми катализаторами установка работает эффективно от двух до трех лет без регенерации.

Необходимость уменьшения загрязнения воздуха в промышленных районах США, Западной Европы и Японии обусловливает значительное увеличение использования процессов гидрирования для десульфатизации дистиллятов и остаточных топлив. Процессы гидрокрекинга, предназначенные главным образом для удаления серы при невысоких требованиях к выходу продукции, известны как «гидроочистка».

Газообразные легкие фракции прежде всего проходят через вакуумную установку для сжижения, затем полученный на этой стадии газойль проходит десульфуризацию гидроочисткой, прежде чем вновь смешивается с некоторыми вакуумными остатками и другими низкосернистыми легкими фракциями сырой нефти.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения терминам «нефть», «сырая нефть», «химическая нефть».
2. Расскажите о происхождении нефти.
3. Как происходит первичная перегонка нефти.
4. Расскажите про вторичную перегонку нефти.

2. Автомобильные бензины

2.1. Свойства автомобильных бензинов

Бензинами называют жидкие нефтяные топлива, которые предназначены для использования в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным зажиганием (свечи).

Классифицируют их в зависимости от назначения на *автомобильные и авиационные*. Несмотря на различия в условиях применения автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их *физикохимические и эксплуатационные свойства*.

Автомобильные бензины являются фракцией нефти, выкипающей в пределах температур 30-180°С и представляют собой смесь различных компонентов, получаемых разными технологическими процессами нефтепереработки.

Бензины могут включать в себя базовый бензин, высокооктановый компонент (ВОК), антидетонационные присадки и добавки, а также присадки, улучшающие другие эксплуатационные свойства.

Важным показателем качества бензина является его *детонационная стойкость*, которая характеризуется октановым числом.

Эксплуатационные требования к бензинам:

1. Бесперебойно поступать в карбюратор или форсунку (давление парообразования).
2. Образовывать нормальную горючую смесь: часть бензина и 15 частей воздуха.
3. Сгорать без детонации (взрыва).
4. Не вызывать коррозию деталей.
5. Сгорать без образования нагара.
6. Иметь минимальную токсичность (вредность отработавших газов)

Химический и углеводородный состав. Химический состав бензина характеризуется групповым углеводородным составом, то есть содержанием в нем ароматических, олефиновых, нафтеновых и парафиновых углеводородов. Более того помимо углеводородов в бензине в незначительных количествах содержаться гетероатомные соединения, которые имеют в своем составе серу, кислород и азот. Они попадают в бензин из переработанной нефти и кислородные соединения образуются при окислении углеводородов при хранении бензина.
Ограничения по химическому и углеводородному составу автомобильных бензинов:

Содержание серы - повышенное содержание соединений серы в бензине увеличивает нагарообразование и износ двигателя, старение моторного масла, а также оказывает существенное влияние на загрязнение окружающей среды, как непосредственно - выбросы оксидов серы и твердых частиц, а также косвенно - снижение эффективности каталитический нейтрализатор выхлопных газов.

Содержание ароматических углеводородов, главным образом бензола - увеличение содержания ароматических соединений в бензине, как правило, приводит к соответствующему увеличению их выбросов несгоревших углеводородов. Одним из установленных последствий увеличения содержания ароматических углеводородов в бензине является увеличение выбросов бензола в окружающую среду.

Снизить содержание бензола в производимых автобензинах можно следующими способами:

1. Вырезать из бензинов каталитического риформинга фракции с температурами кипения от 60 до 85°С, содержащие более 20% бензола, а затем использовать его для производства бензола. В этом случае содержание бензола в товарном бензине, уменьшается почти в три раза, а октановое число бензина риформинга после отделения фракции 60-85 °С увеличивается на 1 и 1,5 единицы [1].

2. Увеличить долю компонентов в составе товарных бензинов, не содержащих бензол: алкилата, изомеризата, кислородсодержащих соединений (спирты, эфиры и т.д.), а также использовать нетоксичные антидетанационные присадки.

3. Выбрать сырье и процесс уменьшения жесткости риформинга, экстракции и селективного гидрирования бензола до циклогексана, или алкилирование бензола в алкилароматические соединения.

Возможно сочетание нескольких вариантов, основываясь на характеристиках завода, наличии сырья, переработки и интеграции концепции химического производства. Общее содержание ароматических углеводородов контролируется во время квалификационных испытаний, и не должен превышать 55% об.

Содержание олефиновых углеводородов Максимальное содержание олефиновых углеводородов в товарном бензине не должно превышать 18%, так как они являются основным источником для формирования смолистых соединений в бензине. Увеличение содержания олефиновых углеводородов также влияет на рост эмиссии в окружающую среду озонообразующих веществ и токсичных 6 диеновых веществ вместе с выхлопными газами.

Содержание оксигенатов (общее по содержанию кислорода и некоторых спиртов и этилового эфира) - кислородсодержащие соединения имеют высокую детонационную стойкость, что позволяет ими заменять ароматические углеводороды, к тому же они помогают снизить выбросы выхлопных газов транспортных средств. Тем не менее, когда содержание кислородсодержащих соединений в бензине более чем 2,7% по массе кислорода, то происходит увеличения расхода топлива за счет низкой теплоты сгорания кислородсодержащих соединений, а также потери мощности двигателя транспортного средства. Поэтому из экологических предпосылок бензина следует, что содержание кислородсодержащих соединений должно быть не более 2,0 - 2,7% [2]. В бензиновых спецификациях также введены стандарты для максимального содержания отдельных оксигенатов.

Испаряемость (давление насыщенных паров) – это один из показателей испаряемости моторных топлив. С испаряемостью бензина связаны многие характеристики двигателя, например, пуск при низких температурах, вероятность возникновения паровых пробок в топливной системе в летнее время, приемистость автомобиля, скорость прогрева двигателя, а также износ цилиндро-поршневой системы и расход топлива.

Содержание тяжелых бензиновых фракций ограничивают, так как в определенных условиях эксплуатации, они не могут полностью испариться и могут попасть в цилиндры двигателя в жидком состоянии. Топливо смывает масляную пленку в цилиндрах, из-за чего износ двигателя возрастает, разжижается масло и увеличивается расход топлива.

В спецификациях для бензина накладывают ограничения на давление насыщенных паров, в зависимости от климатических условий. Эта физическая характеристика топлива рассматривается как фактор, влияющий на надежность топливной системы, а также потерь от испарения, загрязняющие атмосферу во время хранения, транспортировки и использования бензина.

Испаряемость топлива влияет на выбросы транспортных средств, и это влияние особенно заметно при эксплуатации автомобиля в холодной и жаркой погоде.

В холодную погоду, низкая испаряемость увеличивает продолжительность пуска двигателя, а так как воздушно-топливная смесь чрезвычайно обогащена, то выброс несгоревших углеводородов очень высок. Во время прогрева двигателя отсутствие испарения бензина приводит к обеднению смеси в начале ускорения, и, если транспортное средство устанавливается в режиме, близкому к пределу истощению, могут быть проблемы с приемистостью в связи с чередованием периодов, когда топливовоздушной смеси находится за пределами диапазона воспламенения. В такие периоды, возрастают выбросы несгоревших углеводородов и окиси углерода.

Для транспортных средств, имеющих ручное управление воздушной заслонкой, проблемы приемистости могут быть смягчены путем дросселирования в течение длительного времени, но это приводит к дальнейшему обогащению смеси и, следовательно, к увеличению выбросов несгоревших углеводородов и окиси углерода.

В жаркую погоду, основной проблемой является образование паровых пробок в результате испарения бензина в топливном насосе и трубопроводах подачи топлива, который ограничивает подачу топлива в двигатель. Это приводит к обеднению смеси и ухудшению приемистости, или, в экстремальных условиях, к остановке двигателя.

На автомобилях с карбюраторными двигателями, высокая испаряемость может также привести к кипению топлива в поплавковой камере, таким образом, в цилиндры попадает очень богатая топливно-воздушной смесь и, как следствие, происходит увеличение выбросов окиси углерода и несгоревших углеводородов.

Вязкость. Очень важным свойством является вязкость бензинов, так как от нее зависит скорость поступления топлива к двигателю по топливопроводу и в меньшей степени на его распыление в карбюраторе. Существует *динамическая* и *кинематическая вязкость*. Единицей измерения динамической вязкость является Пуаз, а кинематической – Стокс (см2 /с).

Вязкость бензина зависит от его химического и фракционного состава. С увеличением содержания ароматических и нафтеновых углеводородов и утяжеление фракционного состава топлива вязкость увеличивается.

В настоящее время, вязкость моторного бензина в спецификациях не стандартизирована. Вязкость бензина зависит от температуры, при которой он находится. При снижении температуры и увеличение давления вязкость бензина повышается. Для определения вязкости используют устройства, которые называются вискозиметры

Плотность топлива влияет на протекание процессов смесеобразования, если плотность бензина будет низка, то поплавок карбюратора утонет и бензин вытечет из распылителя, переобогатив смесь. Значения плотности для различных групп углеводородов отличаются, поэтому по ней можно ориентировочно судить и об углеводородном составе бензина. Например, если две фракции имеют одинаковые температуры начала и конца кипения, то наименьшую плотность имеет та, которая состоит из парафиновых углеводородов, и наибольшую, которая содержит в основном ароматические углеводороды.

Плотность определяют через измерение массы единицы объема топлива. В спецификациях на автобензины плотность нормировалась при температуре 20°С, а в настоящее время осуществлен переход на нормирование при температуре 15°С [2].

Быстрее всего плотность бензина можно определить с помощью ареометра; точнее и удобнее – бикапиллярным пикнометром

Детонационная стойкость параметр, характеризующий способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии. Это важнейшая количественная характеристика топлива, на основе которой определяется его сортность и применимость в двигателях той или иной конструкции.

Высокая детонационная стойкость бензинов обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. При сжатии рабочей смеси, температура и давление повышаются, и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения смеси. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание перекисных соединений, а затем – их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений, происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива.

Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива — к так называемому «детонационному сгоранию», «детонации». Детонация вызывает перегрев, повышенный износ, или даже местные разрушения двигателя, и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывают влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя.

Октановое число (ОЧ) – условный показатель, характеризующий способность топлива обеспечивать бездетонационную работу двигателей с принудительным воспламенением. Октановое число численно равно процентному содержанию изооктана в эталонной смеси с н-гептаном, которая 9 по детонационной стойкости в условиях стандартного одноцилиндрового двигателя эквивалента испытуемому топливу. Испытания протекают в двух режимах: жестком (частота вращения коленчатого вала 900 об/мин) и мягком (600 об/мин) [3].

Получают соответственно моторное и исследовательское октановые числа (ОЧМ и ОЧИ). Повысив детонационную стойкость бензина, можно уменьшить вероятность самопроизвольного воспламенения рабочей смеси. Источниками воспламенения могут быть перегретые выпускные клапаны, свечи, кромки прокладок, тлеющие частицы нагара и так далее.

Это явление, которое приводит к нарушению нормального процесса горения, называется калильное зажигание. Наиболее опасно преждевременное воспламенение (до подачи искры), так как оно приводит к снижению мощности, энергетической эффективности, повышению риска детонации. Вероятность преждевременного воспламенения топлива зависит от склонности к образованию углеродистых отложений в камере сгорания, и свойства полученного нагара. При сгорании бензина, содержащего металлоорганические антидетонаторы и большое количество ароматических углеводородов, вероятность появления калильного зажигания и преждевременного воспламенения очень высока.

Октановое число – важнейший показатель качества бензинов, зависящий от природы нефтепродукта, строения углеводородов, фракционного состава, химической и физической стабильности, содержания серы и др.

2.2. Маркировка автомобильных бензинов. Требования российских стандартов к качеству бензинов

Автомобильные бензины включены в номенклатуру продукции, подлежащей обязательной сертификации. Нормативную базу подтверждения соответствия при обязательной сертификации в системе ГОСТ Р составляют стандарты.

На автомобильные бензины, обязательная сертификация которых проводится с 1993г., распространялись ГОСТ 2084–77 «Бензины автомобильные. Технические условия» и ГОСТ Р 51105–97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия».

С 2013 года в стране действует ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». Этот стандарт устанавливает следующие марки бензинов: АИ-80, АИ-92, АИ-95, АИ-98 экологических классов К2, К3, К4 и К5.

Бензин маркируется литерами «А» и «АИ». Их можно расшифровать как:

А – это обозначение свидетельствует, что бензин автомобильный;

АИ – буква после «А» означает метод, которым было определено октановое число.

Существует два метода определения октанового числа исследовательской, пишется буква «И» и моторный пишется буква «М».

Цифровое обозначение показывает содержание октанового числа, определённого исследовательским методом.

На территории стран - участниц Таможенного союза выпускаются в обращение и обращаются бензины экологических классов К4 и К5. Бензины экологических классов К2 и К3 предназначены для поставок на экспорт за пределы единой таможенной территории Таможенного союза, по государственному оборонному заказу, для хранения в организациях, обеспечивающих сохранность государственного материального резерва, или для нужд собственного потребления на нефтяных промыслах и буровых платформах. Условное обозначение продукции при заказе и в технической документации должно содержать марку и экологический класс автомобильного бензина.

Примеры условных обозначений продукции:

Автомобильный бензин экологического класса К5 (К4, К3, К2) марки АИ-80-К5 (К4, К3, К2) по ГОСТ 32513-2013;

Автомобильный бензин экологического класса К5 (К4, К3, К2) марки АИ-92-К5 (К4, К3, К2) по ГОСТ 32513-2013;

Автомобильный бензин экологического класса К5 (К4, К3, К2) марки АИ-95-К5 (К4, К3, К2) по ГОСТ 32513-2013;

Автомобильный бензин экологического класса К5 (К4, К3, К2) марки АИ-98-К5 (К4, К3, К2) по ГОСТ 32513-2013.

По физико-химическим и эксплуатационным показателям бензины должны соответствовать нормам и требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические и эксплуатационные показатели бензинов

Наименование показателя	Значение для марки				Метод испытания
	АИ-80	АИ-92	АИ-95	АИ-98	
1 Октановое число, не менее:					
по исследовательскому методу	80,0	92,0	95,0	98,0	По ГОСТ 32339, ГОСТ 8226
по моторному методу	76,0	83,0	85,0	88,0	По ГОСТ 32340, ГОСТ 511
2 Концентрация свинца, мг/дм, не более	5				По ГОСТ EN 237, ГОСТ 32350, ГОСТ 28828
3 Содержание промытых смол, мг/дм (мг/100 см), не более	50 (5)				По ГОСТ 32404, ГОСТ 1567, стандарту
4 Индукционный период, мин, не менее	360				По ГОСТ 4039, ГОСТ ISO 7536, ГОСТ 33903, стандарту [3]
5 Массовая доля серы, мг/кг, не более, для экологического класса:					
К2	500				По ГОСТ 32139, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ ISO 8754, ГОСТ 33194, ГОСТ ISO 20847
К3	150				По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ 32139, ГОСТ 33194, ГОСТ ISO 20847
К4	50				По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ 32139, ГОСТ 33194, ГОСТ ISO 20847, ГОСТ ISO 13032, ГОСТ ISO 16591
К5	10				По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ 33194, ГОСТ ISO 13032, ГОСТ ISO 16591
6 Объемная доля бензола, %, не более, для экологических классов					По ГОСТ 32507 (метод Б), ГОСТ 29040, ГОСТ EN 12177, ГОСТ 31871

К2 К3, К4, К5	5 1	ГОСТ ISO 22854
7 Объемная доля углеводородов, %, не более, для экологических классов К3, К4, К5: олефиновых ароматических	 18 35,0 (42,0 - экологический класс К3)	По ГОСТ 32507 (метод Б), ГОСТ 31872, ГОСТ ISO 22854
8 Массовая доля кислорода, %, не более, для экологических классов К3, К4, К5	2,7	По ГОСТ EN 13132, ГОСТ 32338, ГОСТ EN 1601, ГОСТ ISO 22854
9 Объемная доля оксигенатов, %, не более, для экологических классов К3, К4, К5: метанола этанола изопропилового спирта *трет*-бутилового спирта изобутилового спирта эфиров (и выше) других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210°С)	 1,0 5,0 10,0 7,0 10,0 15,0 10,0	По ГОСТ EN 13132, ГОСТ 32338, ГОСТ EN 1601, ГОСТ ISO 22854
10 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50°С)	Класс 1	По ГОСТ 32329, ГОСТ 6321, ГОСТ ISO 2160
11 Внешний вид	Чистый, прозрачный	Визуально по 8.2 настоящего стандарта
12 Плотность при 15°С, кг/м	725,0-780,0	По ГОСТ 31072, ГОСТ 31392, ГОСТ ISO 3675, ГОСТ ISO 12185, ГОСТ 33364, стандарту [17]
13 Концентрация марганца, мг/дм, не более	Отсутствие	По ГОСТ 33158
14 Концентрация железа, мг/дм, не более	Отсутствие	По ГОСТ 32514
15 Объемная доля монометиланилина, %, не более, для экологических классов: К2 К3, К4	 1,3 1,0	По ГОСТ 32515

К5	Отсутствие	

Примечания
1 Норма по показателю 2 для бензинов всех экологических классов на территории Российской Федерации устанавливается "Отсутствие".
Норма по показателю 9 для метанола для бензинов экологических классов К3, К4, К5 на территории Российской Федерации устанавливается "Отсутствие".
2 При определении показателя 6 для бензинов экологического класса К2 метод испытания по ГОСТ ISO 22854 не используют
3 Показатели 7-9 для бензинов экологического класса К2 не определяют.
4 Применение ароматических аминов (монометиланилинов) на территории Республики Беларусь запрещено.
5 По показателям 2, 9, 13, 14, 15 за "отсутствие" принимают:

- концентрацию свинца менее 2,5 мг/дм - отсутствие свинца;
- концентрацию железа менее 0,01 г/дм - отсутствие железа;
- концентрацию марганца менее 0,25 мг/дм - отсутствие марганца;
- концентрацию метанола менее 0,17% об. - отсутствие метанола;
- концентрацию монометиланилина менее 0,1% об. - отсутствие монометиланилина.

Этот стандарт предусматривает производство 10 классов бензинов по испаряемости. Характеристики испаряемости приведены в таблице 2.

Рекомендации по сезонному применению бензинов разных классов испаряемости устанавливают в соответствии с требованиям по ГОСТ Р 51866-2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» сезонное применение бензинов разных классов испаряемости.

Таблица 2 - Испаряемость бензинов

Наименование показателя	Значение для класса*						Метод испытания
	A	B	C и C1	D и D1	E и E1	F и F1	
1 Давление насыщенных паров (ДНП), кПа	35-60	45-80	50-80	60-90	65-95	70-100	По ГОСТ EN 13016-1 с дополнением по 8.4 настоящего стандарта, ГОСТ 1756, ГОСТ 28781, ГОСТ 31874, ГОСТ 33117, ГОСТ 33157, стандарту [19]
2 Фракционный состав: - объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:							По ГОСТ 2177 (метод А), ГОСТ ISO 3405, ГОСТ 33098, стандарту [20]
- 70°С (И70),	15-48		15-50				
- 100°С (И100),			40-70				

- 150°С (И150), не менее; - конец кипения, °С, не выше; - объемная доля остатка в колбе, %, не более		75 215,0 2,0		
3 Максимальный индекс паровой пробки (ИПП)	-	-	Для С1, D1, E1, F1 1350	По 8.3 настоящего стандарта
* Классы бензинов: летние - A, B; зимние - C, D, E и F; межсезонные - C1, D1, E1, F1.				

Для улучшения эксплуатационных качеств бензинов допускается применять антиокислительные, антикоррозионные, моющие и многофункциональные присадки, не оказывающие вредных побочных воздействий.

При применении присадок и добавок в паспорте продукции на бензины обязательно указывают информацию об их фактическом содержании.

Бензины не должны содержать металлосодержащие присадки (марганец, свинец и железо). Продукция может содержать присадки, не причиняющие вред жизни и здоровью граждан, окружающей среде, имуществу физических и юридических лиц, жизни и здоровью животных и растений.

2.3. Европейские стандарты Евро-5 и Евро-6

Основным документом, регламентирующим производство бензина в странах Евросоюза является стандарт EN 228, принятый в 2014 году.

С 1 января 2002 года в России полностью прекращено производство этиловой жидкости, а в соответствии с постановлением Госстандарта РФ с 1 января 2003 года на территории федерации было прекращено действие старого стандарта на бензины (ГОСТ 2084-77), где разрешалось производство этилированного бензина А-76.

Сертификат Евро 2 – первый из сертификатов Евро, принятый в России в 2006 году. По сравнению с Евро 1, Евро 2 значительно ужесточил требования к содержанию загрязняющих веществ в выхлопных газах.

С 2008 года в России введен экологический сертификат Евро 3. Сертификат соответствия Евро 3 должен быть получен на все производимые в России и ввозимые на ее территорию автомобили. Для оформления сертификата соответствия Евро 3 необходимо предоставить паспорт на транспортное средство, копию паспорта владельца и заявление на получение европейского сертификата качества. Получить экологический сертификат Евро 3 можно в аккредитованном органе по сертификации. На рисунке 2 показана сравнение общего количества вредных выбросов в экологических стандартах.

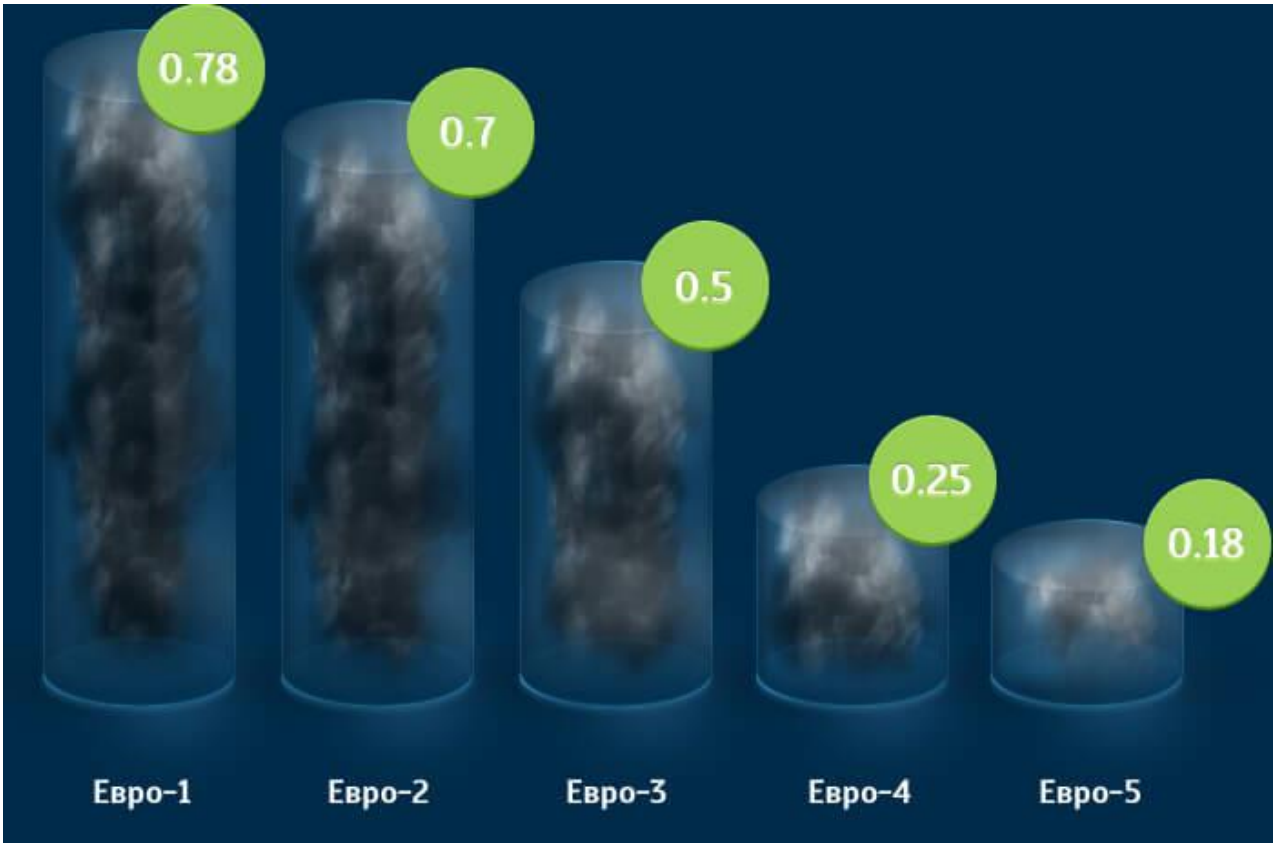

Рисунок 2. Сравнение общего количества вредных выбросов в экологических стандартах

Экологический сертификат Евро 4 был введен в Европе в 2006 году. Европейский сертификат качества Евро 4 в России введен с 2010 года. Для получения экологического сертификата Евро 4 в аккредитованный орган по сертификации предоставляются заявка, техническая документация на автомобиль, паспорт владельца. При оформлении сертификата Евро на юридическое лицо дополнительно понадобятся ИНН, ОГРН и некоторые другие учредительные документы.

С 2016 года в России действует сертификат Евро – 5. «Евро-5» не затрагивает только грузовики. На рисунке 3 показаны требования к автомобильным бензинам «Евро-5»

Показатели	Евро-3 2001	Евро-4 2005	Евро-5 2009	Евро-6* 2013 (2015)
Содержание бензола, %мас., мах	1,00	1,00	1,0	0,8
Содержание серы, ppm, не более	150	30	10	10
Содержание ароматич. углеводородов, % об. не более	42	35	35	24
Содержание олефиновых углеводородов, % об. не более	18	14	14	11
Содержание кислорода, % мас. не более	2,7	2,7	2,7	2,7
Наличие моющих присадок	Обязат.	Обязат.	Обязат.	Обязат.
Выбросы NOx, г/кВт·ч * окончательно не утверждено	5,0	3,5	2,0	0,46

Рисунок 3. Требования к бензинам Евро 5

Стандарт Евро-5 является экологическим стандартом, который определяет допустимое содержание вредных веществ в выхлопных газах автомобилей. Этот стандарт введен в странах Евросоюза для дизельных грузовых автомобилей в 2009 году.

С 1 января 2016 года, абсолютно все автомобили, подлежащие ввозу на территорию России, должны в обязательном порядке соответствовать нормативам стандарта Евро-5.

Стандарт Евро-5 подтверждает, что транспортное средство соответствует всем российским и международным требованиям, соответствует классу качества Евро-5 и требованиям Техрегламента Ростехрегилирования РФ. Специальный технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (базы данных заключений на шасси зарубежных автомобилей и другие информационные материалы) и не влияет на атмосферу посредством вредных выхлопов.

С 1 января 2015 г. сертификаты Евро-5 не оформляются. Вместо них на все машины необходимо оформлять СБКТС (Свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства). Это документ, подтверждающий соответствие выпускаемых в обращение единичных транспортных средств требованиям Технического регламента Таможенного Союза «О безопасности колёсных транспортных средств». Но новые автомобили – СБКТС оформлять не надо.

С 2018 года крупные НПЗ России готовятся к переходу «Евро-6». Так компания «Роснефть» в 2019 году реализовала высокооктановый бензина с улучшенными экологическими свойствами АИ-95-К5 «Евро 6» и Pulsar 95 «Евро 6». **Евро-6** – экологический стандарт, регулирующий содержание вредных веществ в выхлопных газах. Автомобильный бензин «Евро 6» содержит на 20-40% меньше серы, бензола (не более 0,8%) и ароматических

углеводородов (не более 32%), что способствует снижению коррозионной активности, приводит к уменьшению токсичности выхлопных газов. Применение бензинов «Евро 6» позволяет сократить количество отложений на впускных клапанах на 12,5% и в камере сгорания двигателя — на 12,7%.

Контрольные вопросы

1. Эксплуатационные свойства автомобильных бензинов. Перечислите.
2. Как маркируются и расшифровываются автомобильные бензины.
3. Требования к бензинам.
4. Чем отличается «Евро-5» от «Евро-6».

3. Дизельное топливо

3.1. Эффективность работы дизельного двигателя

Эффективность работы автомобиля определяется совместным влиянием всей совокупности его эксплуатационных свойств, в которой основными являются следующие: динамичность, топливная экономичность, устойчивость, управляемость, плавность хода, проходимость и надежность. Под эксплуатационными свойствами автомобиля понимают группу свойств, определяющих возможность его эффективного использования, степень его приспособленности к эксплуатации в качестве транспортного средства [7].

Эти свойства изучаются по отдельности в определенной последовательности. Вместе с тем они тесно взаимосвязаны друг с другом и изменение одного свойства приводит к изменению других. При этом улучшение одних свойств может привести к ухудшению других. Эксплуатационные свойства техники характеризуют возможность ее эффективного использования в определенных условиях и позволяют оценить насколько конструкция техники соответствует требованиям эксплуатации.

В работах И.А. Бескина, Е.В. Буянова, А.Г. Козлова сформулированы требования к конструкции техники, предназначенной для эксплуатации в условиях холодного климата. Однако, они направлены лишь на устранение недостатков, выявленных, при работе на Севере обычной техники. Выполнение этих требований привело к увеличению массы дополнительного оборудования, которым комплектуется северная модификация техники.

Рассмотрим эксплуатационные свойства автомобилей применительно к северным условиям [8,9].

Динамичность определяется максимальными скоростями прямолинейного движения автомобиля в различных дорожных условиях, способностью быстро увеличивать или уменьшать скорость движения. Тяговая динамика (тягово-скоростные свойства) автомобиля определяется максимальными скоростями движения и максимальными ускорениями в различных дорожных условиях; тормозная динамика (тормозные свойства автомобиля), определяется способностью быстро снижать скорость движения

Топливная экономичность - характеризуется расходом топлива автомобилем в различных условиях, связанных с выполнением его работы по перевозке грузов или пассажиров. Топливная экономичность является важным эксплуатационным свойством. Эксплуатация автомобилей в условиях холодного климата неизбежно связана с увеличением расхода топлива.

Расход топлива на Севере увеличивается не только из-за низких температур воздуха, но и из-за ухудшения структуры теплового баланса двигателя и баланса расхода энергии автомобилем. Дело в том, что, во-первых, часть энергии работающего двигателя расходуется на привод вспомогательных агрегатов специализированного автомобиля, во-вторых, неполнота сгорания топлива, связана с ухудшением его испарения и распыливания; в третьих, дальние рейсы и невозможность дозаправки по дороге вынуждают возить с собой значительные запасы топлива; в четвертых, несовершенство систем обеспечения запуска двигателя при низких температурах приводит к тому, что при кратковременных и даже длительных стоянках двигатели не глушатся, а работают, расходуя горючее. Нормативом предусмотрено увеличение нормы расхода топлива для автомобилей, работающих на Севере на 20-30%, но в ряде случаев, как показывает практика, и такого увеличения оказывается

недостаточно. Таким образом, топливная экономичность является существенным фактором, влияющим на эффективность автомобилей на Севере.

Под ***управляемостью*** понимают свойство автомобиля изменять направление движения при изменении положения управляемых колес. От управляемости зависит безопасность движения. На Севере, при движении по зимнику, коэффициент сцепления колес с дорогой в поперечном направлении в 3-5 раз меньше, чем при движении по дороге в хорошем состоянии проезжей части.

Устойчивость – свойство автомобиля сохранять направление движения и противодействовать силам, стремящимся вызвать его занос и опрокидывание. Особенно высокие требования к устойчивости предъявляются при работе автомобиля на скользких дорогах и при движении с большими скоростями. Устойчивость автомобиля вместе с его управляемостью и тормозной динамичностью обусловливают безопасность движения.

Под ***проходимостью*** понимают свойство автомобиля уверенно двигаться по ухудшенным (мокрым, скользким) и плохим (разбитым, размокшим) дорогам, пересеченной местности вне дорог, преодолевать естественные и искусственные препятствия (канавы, рвы, пороги) без вспомогательных устройств; проходимость имеет большое значение для автомобилей, работающих в сельском хозяйстве, лесной промышленности, на строительстве, в карьерах.

Плавность хода автомобиля – это его возможность двигаться с большими скоростями по неровной дороге без колебания кузова. От плавности хода зависит сохранность груза и утомляемость водителя и пассажиров. Плавность хода автомобиля, при роботе его на Севере, не оказывает большого влияния на его эффективность.

С развитием техники значительно усложнились конструкции машин и механизмов, повысились требования к их надежности и долговечности, а это в свою очередь, вызвало ужесточение требований к разработке конструктивных, технологических методов и эксплуатационных мероприятий по выполнению надежности. [10]

Надежность является одной из основных проблем современной техники, так как качество машин характеризуется не только их общими показателями, но главным образом уровнем надежности – способностью машин выполнять свои функции в течение длительного времени с минимальными затратами труда и материальных средств на поддержание их в работоспособном состоянии. Повышение надежности машин – один из наиболее действенных путей увеличения производительности общественного труда, так как производство и эксплуатация машин с высокими показателями надежности возмещает их количество при значительно меньших затратах труда. [11]

Надежность машин закладывается при конструировании, изготовлении и реализуется в процессе эксплуатации. Первоначальный уровень надежности и операции по его поддержанию определяют затраты на содержание машин. Снижение этих затрат – основная задача инженерной службы промышленного комплекса. [9]

Наиболее ответственным и, вместе с тем, наименее надежным агрегатом грузовых машин является двигатель. [12] В свою очередь, топливная аппаратура представляет собой наиболее сложную и дорогую часть дизельного двигателя. Выходные параметры топливной аппаратуры непосредственно определяют характер рабочего процесса дизеля, его мощность, экономичность и надежность в эксплуатации. Отказы топливной аппаратуры составляют существенную часть отказов двигателя. [13]

Надежность является одной из основных проблем современной техники, так как качество машин характеризуется не только их общими показателями, но главным образом

уровнем надежности – способностью машин выполнять свои функции в течение длительного времени с минимальными затратами труда и материальных средств на поддержание их в работоспособном состоянии. [14] Повышение надежности машин – один из наиболее действенных путей увеличения производительности общественного труда, так как производство и эксплуатация машин с высокими показателями надежности возмещает их количество при значительно меньших затратах труда. [11] А.Н. Островцев ввел понятие потенциальное свойство надежности. Это сопротивляемость изделия (автомобиля) с определенной закономерностью, изменению состояния и нарушения рабочих функций под воздействием внутренних факторов.

Эксплуатационная надежность автомобиля – это реализация, с определенной закономерностью потенциальных свойств надежности в конкретных условиях автотранспортных предприятий и дорожно-климатических зон в течение амортизационного периода или его части. А.П. Островцев относит ГОСТ 13377-75 к терминам и показателям эксплуатационной надежности. В работе рассматривается вопросы потенциальной и эксплуатационной надежности.

Потенциальные свойства надежности характеризуются:

Сопротивляемостью конструкции к разрушению – свойство конструкции сопротивляться разрушению вследствие усталости, изнашивания и коррозии.

Стабильностью и безотказностью рабочих процессов – свойствам агрегатов, систем совершать рабочие процессы без отказов в заданных пределах.

Стабильностью физико-механических свойств – свойство материалов деталей сохранять геометрическую форму, механические и физико-механические свойства в заданных условиях. Отклонениям и дефектами, допускаемым в ходе проектирования, изготовления, т.е. бездефектность конструирования и изготовления.

На основе проведенных под руководством Г.С. Лосавио исследований научно обосновано выделение комплекса низкотемпературных свойств автомобиля, т.е. совокупность конструктивных особенностей его, характеризующих способность сохранять работоспособность при температуре до минус 60 С и обеспечивать безотказную, безопасную, комфортабельную работу. В этот комплекс входят:

Работоспособность электропусковой системы, которая при использовании северных сортов эксплуатационных материалов характеризуется количеством возможных включений стартера при пуске холодного двигателя при 24-х часового охлаждении автомобиля.

Пусковые свойства холодного двигателя оцениваются предельной его температурой, при которой без использования вспомогательных средств пуска возможен надежный (после трех включений стартера) пуск холодного двигателя от холодной аккумуляторной батареи, имеющей 75 % номинальной емкости. Пусковые качества двигателя при использовании соответствующих сортов топлива и масла, но без изменения вспомогательных средств облегчения пуска, считаются удовлетворительными, если пуск осуществляется при температурах не выше -20ºС для карбюраторных и -15ºС для дизельных двигателей.

Эффективность предпусковых подогревателей оценивается продолжительностью подогрева двигателя при температуре от -60ºС до заданных положительных температур (+30ºС), обеспечивающих легкий пуск двигателя и нормальную его работу под нагрузкой.

Эффективность вспомогательных средств облегчения пуска холодного двигателя без предварительного подогрева (с применением легковоспламеняющихся пусковых жидкостей и пусковых дозаторов) оценивается величиной снижения предельной отрицательной температуры холодного пуска без применения этих средств.

Эффективность терморегулирующего комплекса двигателя оценивается скоростью нагрева двигателя от момента пуска до оптимальных температур; возможностью поддерживать оптимальный тепловой режим работающего двигателя при температурах наружного воздуха до -60ºС, скоростью снижения температуры двигателя после его остановки.

Эффективность систем обогрева и очистки вестрового стекла характеризует продолжительность подготовки автомобиля к движению после пуска двигателя и оценивается удовлетворительно при условии очистки заданной площади ветрового стекла за время не более 5 минут.

Эффективность системы отопления автомобиля оценивается удовлетворительно при продолжительности разогрева от температур -50º + 60ºС до нулевой не более, чем за 20-25 минут после начала движения автомобиля (включения системы отопления). Эффективность автономных отопительных кабин, применяемых в аварийных случаях, (когда двигатель не работает) и использующих тепло, оценивается поддерживаемой в кабине температурой воздуха.

Эффективность теплоизоляции кабин оценивается скоростью снижения температуры воздуха в них от +10ºС до 0ºС при неподвижном автомобиле и выключенных двигателе и источников обогрева при наружной температуре до - 60ºС. Допустимо снижение температуры воздуха в кабине не более 0,3.

Эффективность энергетической системы электрооборудования оценивается возможностью обеспечения положительного баланса электроэнергии в движущемся автомобиле при заданной его скорости и при условии включения потребителя электроэнергии, кроме стартера.

Эффективность системы обогрева и утепления (термоизоляции) аккумуляторной батареи оценивается удовлетворительно, если температура электролита (при работающем двигателе) поддерживается не ниже +15ºС и при обеспечении скорости охлаждения электролита батареи не более 2 град/ч. при безгаражном хранении автомобиля в течении 24 часов.

Тягово-динамические свойства автомобиля при низких температурах оцениваются отношением максимальных скоростей, а также путями выбега в зимнее и летнее время.

Топливная экономичность автомобиля при низких температурах оценивается отношением контрольных расходов топлива на заданной скорости для зимнего и летнего периодов

$$Km = \frac{G3}{Gn} \times 100\% \qquad (1)$$

т.е., чем больше величина Кт приближается к 100% или к единице, тем выше оценивается топливная экономичность автомобиля

Низкотемпературная долговечность автомобиля в основном определяется сроком службы двигателя, поэтому износостойкость автомобиля оценивается отношением величин пробега до капитального ремонта двигателя северной модификации автомобиля в условиях Севера и базового автомобиля в условиях зоны умеренного климата.

Надежность дизельного двигателя можно определить, как свойство находиться в работоспособном состоянии, т.е. выполнять заданные функции, сохраняя значения установленных в эксплуатационных показателей в пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования [7, 66].

Мощность, топливная экономичность, безотказность грузовых дизелей во многом зависит от качества работы элементов дизельной топливной аппаратуры. Исследования показали [8,9], что большая часть отказов двигателей происходит из-за неисправности топливной аппаратуры. Вследствие нарушения топливной аппаратуры дизели развивают эффективную мощность меньше номинальной 12…17%, а расход топлива увеличивается в этом случае на 12…25%, а производительность снижается на 12…13 %

Последние годы характеризуются значительным усложнением конструкций дизельной топливной аппаратуры, появлением в эксплуатации новых моделей аппаратуры с оригинальными составными частями, ужесточением требований к удельному расходу топлива дизелями.

Состояние топливной аппаратуры характеризуется следующими параметрами: давление впрыска и качеством распыливания топлива форсунками, производительностью подкачивающего насоса, пропускной способностью фильтрующих элементов грубой и тонкой очистки топлива, состоянием перепускного клапана, степенью изношенности плунжерных пар и нагнетательных клапанов, частотой вращения кулачкового вала топливного насоса (коленчатого вала),производительностью элементов топливного насоса, степенью неравномерности подачи топлива элементами топливного насоса, массовым расходом топлива, углом опережения подачи или впрыска топлива в цилиндры двигателя.

Чтобы поддерживать показатели работы топливной аппаратуры в допустимых пределах в течение межремонтного периода, необходимо своевременно выполнять операции технического обслуживания и устранять неисправности, возникающие в процессе эксплуатации. Это создает наиболее благоприятные условия для работы сопряженных деталей, снижает до минимума их износ и тем самым обеспечивает необходимую стабильность значений параметров состояния топливной аппаратуры.

Признаками неудовлетворительной работы топливной аппаратуры могут быть: трудный пуск двигателя, неустойчивая работа, дымность отработавших газов, пониженная мощность и экономичность.

Наряду с эксплуатационными условиями работы и производственными факторами на надежность двигателей влияет качество используемого топлива.

Надежность и долговечность техники очень сильно зависит от качества применяемого топлива. Низкокачественное дизельное топливо может стать причиной преждевременного износа и выхода из строя топливного насоса и форсунок, снижения подачи топлива, изменения момента начала подачи в сторону запаздывания, ухудшения качества распыления топлива. Помимо этого, при небрежной транспортировке и доставке дизтоплива в его состав может попасть вода. Ее присутствие понижает теплотворную способность топлива, а значит – понижает мощность двигателя.

Контроль качества дизельного топлива в процессе эксплуатации является одним из наиболее важных аспектов обеспечения надежности двигателей грузовых автомобилей. В этом направлении необходимы дополнительные исследования.

Контроль качества дизельного топлива осуществляется на нефтеперерабатывающем заводе при его получении, но при доставке топлива потребителю его свойства могут измениться. В процессе эксплуатации автомобилей, особенно в отдаленных районах Севера, контроль качества топлива не осуществляется, в результате чего ресурс двигателей снижается.

Эксплуатация техники в условиях низких температур сопряжена с серьезными трудностями. С понижением температуры затрудняется пуск двигателя, резко увеличивается (вследствие загустевания смазочных масел) сопротивление движению, что требует для

движения повышенной мощности, происходит интенсивное ухудшение эксплуатационных свойств рабочих жидкостей, смазочных материалов, резинотехнических изделий и конструкционных материалов, снижающих надежность техники. [10]

Пуск и работа холодного двигателя сопровождается повышенным изнашиванием основных его рабочих деталей. Это имеет место по ряду причин: из-за поступления масла к трущимся поверхностям с некоторым запаздыванием после начала работы двигателя. По данным исследований, время задержки появления масла из коренного подшипника после начала работы насоса может составлять до 2 мин. и более; из-за смазывания масла со стенок цилиндра топливом, попадающим в цилиндр в жидком виде, что приводит к ухудшению смазки; из-за быстрого загрязнения масла, вызываемого неудовлетворительной его фильтрацией вследствие резкого снижения пропускной способности фильтров тонкой очистки, в результате повышения вязкости смолистых веществ, отложившихся в них. [15]

При низких температурах значительно активизируется коррозия деталей цилиндропоршневой группы двигателя. [16] В условиях низких температур намного выше вероятность отказов топливной системы дизелей. Их причиной могут быть ледяные и воздушные пробки в трубопроводах, которые образуются вследствие скопления мелких кристалликов льда при замерзании воды, находящейся в дизельном топливе. В условиях низких температур снижается также надежность гидравлического тормозного привода из-за возможного застывания некоторых тормозных жидкостей.

Определенное влияние на надежность оказывает снежная пыль, поднимаемой движущимся автомобилем, которая засасывается с воздухом в работающий двигатель, забивая фильтрующие элементы воздухоочистителя. Снежная пыль попадая в тормозную систему и топливные баки, приводит к отказам тормозов и перебоям подачи топлива. Она проникает во все полости автомобиля, в том числе через малейшие неплотности под крышки электроприборов, в результате чего возникают нарушения работы электрооборудования.

Температура окружающего воздуха, по мнению большинства авторов, относится к наиболее значительному климатическому фактору. При понижении температуры воздуха надежность машин, систем, узлов и агрегатов снижается. При этом наблюдаются несколько пороговых значений температуры.

При переходе температуры через нулевое значение происходит выпадение и замерзание конденсата и влаги в узлах и агрегатах, образуются пробки в трубопроводах, происходит примерзание манжет к валам и штокам, расширение замерзающего льда и связанные с этим разрушения. Такие отказы возникают и в зоне умеренного климата, но количество дней с переходом через нулевое значение в зоне холодного климата около 90, тогда как в умеренном климате таких дней 70.

При температуре -25ºС возникают отказы, связанные с воздействием низких температур на эксплуатационные свойства деталей из резиновых, полимерных материалов. Резины вначале теряют эластичность, а затем становятся хрупкими. Разгерметизация уплотнительных манжет приводит к утечкам жидкостей, масла, воздуха. На деталях из резины приводят к выходу из строя эти детали, изоляция проводов разрушается, происходят короткие замыкания и отказы электрооборудования.

При температуре -35ºС и ниже, воздействие низких температур сказывается на состояние металлических деталей, возрастает количество хрупких разрушений, особенно деталей, работающих на открытом воздухе, подверженных динамическим нагрузкам.

Другой причиной понижения надежности машин в условиях холодного климата является повышенный износ. Этот вид отказа характерен для трансмиссии и двигателя.

Причиной этого является влияние температуры окружающего воздуха на масло, которое должно обеспечивать жидкостное трение сопряженных деталей, отводить тепло, удалять из зазоров продукты износа и защищать поверхность от коррозии. При понижении температуры снижаются смазывающие свойства из-за увеличения вязкости, ухудшаются прокачиваемость масла в системе смазки и масло не поступает к трущимся поверхностям, возникает полусухое или даже сухое трение, проявляется склонность к образованию смолистых веществ. Характер износных отказов не отличается от отказов в умеренном климате, но с понижением температуры возрастает их интенсивность.

Необходимо отметить, что при эксплуатации дизельной техники в зоне холодного климата имеет место ухудшение ее топливной экономичности. Основные причины: возрастание расхода топлива: увеличение времени прогрева двигателя; работа двигателя при пониженной температуре жидкости в системе охлаждения; повышение вязкости масла в агрегатах трансмиссии, что ведет к значительным потерям мощности на ее прокручивание; повышенное сопротивление движения по заснеженным дорогам.

Иногда в зимнее время используют смесь керосина и летнего сорта топлива. Например, при температуре воздуха от -20 до -30ºС рекомендуется применять смесь, состоящую из 80-90% летнего топлива и 10-20 % керосина. Вместо керосина в дизельное топливо добавляют бензин, однако такой способ малоэффективен. При работе на такой смеси ухудшаются показатели топлива, повышается жесткость его работы, что влияет на долговечность деталей цилиндропоршневой группы. Дизельное топливо обладает смазывающими свойствами, для точных деталей топливного насоса и форсунок; добавление бензина, ухудшается смазывающие свойства топлива.

Надежность пуска и работы дизелей, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур, может обеспечиваться применением системы предпускового подогрева. Подогрев дизельного топлива в зимний период обеспечивает снижение его вязкости (повышение текучести), предотвращает парафинизацию в ответственных узлах топливной магистрали, восстанавливает и улучшает фильтруемость. Таким образом, за счет обеспечения стабильной подачи и очистки топлива, как в предпусковой период, так и при работающем двигателе, существенно облегчается эксплуатация дизельного автомобиля в условиях низких температур.

Подогреватели, применяемые в топливных системах дизельных двигателей предназначены для:

- подогрева дизельного топлива при запуске двигателя (предпусковой подогрев);
- поддержания определенной температуры дизельного топлива при работе двигателя (маршевый подогрев).

И по своему функциональному назначению подразделяются на:

1. подогреватели фильтров тонкой очистки (накладные - бандажные);
2. подогреватели проточные (устанавливаются в разрез штатного топливопровода перед фильтрами тонкой очистки);
3. подогреватели гибкие ленточные (для фильтров и топливопроводов);
4. подогреватели стержневые (для фильтров-сепараторов различных систем);
5. насадки подогреваемые (для штатных топливозаборников);
6. топливозаборники подогреваемые (устанавливаются в топливный бак в замен штатных).

Ведущими производителями подогревателей дизельного топлива являются фирмы AlternativeTechnologyGroupGmbH, ATG (модель DieselTherm), Parker (модель Racor), Номакон (НОвыеМАтериалы и КОНструкции).

3.2. Эксплуатационные свойства дизельного топлива

Физико-химические свойства и углеводородный состав дизельного топлива должны обеспечивать следующие эксплуатационные требования [17,18,19]:

Топливо должно бесперебойно подаваться в двигатель по топливной аппаратуре. Для обеспечения этого требования топливо должно обладать низкими температурами помутнения и застывания, не слишком высокой вязкостью и плотностью.

Топливо должно обеспечивать хорошее смесеобразование в цилиндре двигателя, оно должно быть распылено и распределено в сжатом воздухе. Процесс смесеобразования зависит от системы подачи топлива, от конструкции камеры сгорания, а также от вязкости топлива и, в несколько меньшей мере, от его фракционного состава.

Топливо должно иметь хорошие воспламенительные свойства, т.е. низкую температуру самовоспламенения и малый период задержки воспламенения. Топливо должно также обеспечить плавное сгорание рабочей смеси. Эти качества топлива характеризуются цетановым числом.

Топливо не должно давать нагаров на форсунках и в камере сгорания. Нагарообразование замечается при применении топлив, содержащих в своем составе тяжелые остатки. Утяжеление фракционного состава приводит также к неполноте сгорании и задымленности выхлопа. Нормируемыми показателями, характеризующими эти свойства дизельного топлива являются: фракционный состав, коксуемость 10%-ного остатка, йодное число и содержание фактических смол.

Топливо не должно содержать воду и механических примесей.

Качество топлива, определяющее его пожарную опасность, характеризуется температурой вспышки.

Топливо и продукты его сгорания не должны коррозировать детали двигателя.

Эксплуатационные свойства автомобильных топлив обусловливаются совокупностью физико-химических свойств топлива, параметров рабочего процесса двигателя и характеристик условий эксплуатации, которые, выступая в роли факторов химмотологических процессов, влияют на показатели эффективности работы двигателя (таблица 3). [20]

Таблица 3. Основные показатели качества, эксплуатационные и физико-химические свойства автомобильных топлив.

Эксплуатационные свойства	Физико-химические свойства	Показатели качества
Прокачиваемость	Чистота	Содержание механических примесей Содержание воды
	Низкотемпературные свойства	Температура застывания Температура помутнения Предельная температура фильтруемости
	Фильтруемость	Коэффициент фильтруемости Вязкость при 20 ºС

Испаряемость	Фракционный состав	Температура Начала перегонки Перегонки 10 % Перегонки 50 % Перегонки 90 % Конец перегонки
Горючесть	Эффективность сгорания	Цетановое число
Склонность к образованию отложений	Термоокислительная стабильность	Концентрация фактических смол Йодное число Коксуемость Зольность
	Окисляемость	Содержание смол
Противоизносные и антифрикционные свойства	Смазывающие свойства	Кинематическая вязкость при 20 ºС Кислотность
Совместимость с материалами	Наличие коррозионно-активных веществ	Массовая доля серы Испытание на медной пластинке Содержание водорастворимых кислот и щелочей

Испаряемость дизельного топлива. Дизельное топливо должно обладать оптимальной испаряемостью. Испаряемость дизельного топлива определяется фракционным составом. Испаряемость – эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса перехода топлива из жидкого состояния в парообразное.

Испаряемость оказывает влияние на процессы образования горючей смеси в двигателе, воспламенение и горение, полноту сгорания, степень разжижения моторного масла, величину естественных потерь топлива при хранении, изменение качества топлива и экологию окружающей среды.

Испаряемость дизельных топлив, в настоящее время, оценивается только фракционным составом. [20]

На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воздуха, при этом, за счет уменьшения времени необходимого для образования топливовоздушной смеси, более полно протекают процессы смесеобразования. Облегчение фракционного состава топлива, например, при добавке к нему бензиновых фракций, может привести к повышению жесткости работы дизельного двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на 1 поворота коленчатого вала, и ухудшение работы топливного насоса высокого давления. [21] Из-за повышенной испаряемости топлива к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров, воспламенение которых приводит к резкому возрастанию давления.

О фракционном составе дизельного топлива судят по результатам перегонки топлива, осуществляемой в лабораторных условиях на стандартной аппаратуре. Наиболее важными точками фракционного состава являются значения температуры выкипания 10, 50, 90 и 96% топлива.

Температура выкипания 10% топлива характеризует наличие легких фракций топлива, которые определяют его пусковые свойства. За температуру начала кипения (tн.к) принимают температуру пара, при которой в холодильник стандартного прибора падает первая капля конденсата. Для нормального запуска холодного двигателя необходимо, чтобы температура выкипания 10% топлива была не выше 140-160°С.

Температура выкипания 50% топлива (средняя испаряемость) характеризует рабочие фракции топлива, которые обеспечивают прогрев, приемистость и устойчивость работы двигателя, а также плавность перехода с одного режима на другой. Для обеспечения нормальной работы двигателя эта точка должна лежать в пределах 250-280°С.

Полнота испарения топлива в двигателе характеризуется температурой *выкипания 90% и 96% топлива*. При слишком высоких значениях этих температур хвостовые фракции не успевают испаряться, они остаются в жидкой фазе в виде капель и пленки, которые, стекая по стенкам цилиндра, приводят к повышенному нагарообразованию, разжижению масла и форсированному износу. Температура выкипания 90% для летних топлив обычно находится в пределах 320-340°С, а 96% – в пределах 340-360°С.

Влияние фракционного состава топлива для различных типов двигателей неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихре-камерным смесеобразованием, вследствие наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания, менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском. Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения 200-225ºС в девять раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285ºС. [15]

Характеристики фракционного состава дизельного топлива оценивают не только испаряемость, но и качество смесеобразования. [20]

В дизельных двигателях рабочая смесь образуется за 20-40 ° поворота коленчатого вала и составляет 0,001-0,004 с., испарение происходит при очень высокой температуре 600-800°С, при давлении 3,0-50 Мпа в конце такта сжатия. При ограниченном времени однородная качественная смесь может быть получена только при хорошем распылении и испаряемости топлива.

Испаряемость топлив из прямогонных соляровых фракций оптимизируется двумя точками фракционного состава: 50% и 90% выкипания.

В связи с тем, что при атмосферном давлении трудно определить температуру конца кипения или 96% выкипания, в некоторых стандартах определяют температуру перегонки 90% или 85 % топлива.

Единичные показатели фракционного состава нормируются по разному в зависимости от состава и предназначения топлива.

Характеристики фракционного состава дизельного топлива оценивают не только испаряемость топлива и качество смесеобразования, но и другие эксплуатационные свойства: воспламеняемость, склонность к образованию отложений и др.

Согласно методике регламентированной ГОСТ Р ЕН ИСО 3405 или ГОСТ 2177 фракционный состав определяется на аппарате разгонки нефтепродуктов АРНС-Т (Рисунок 4) [22]

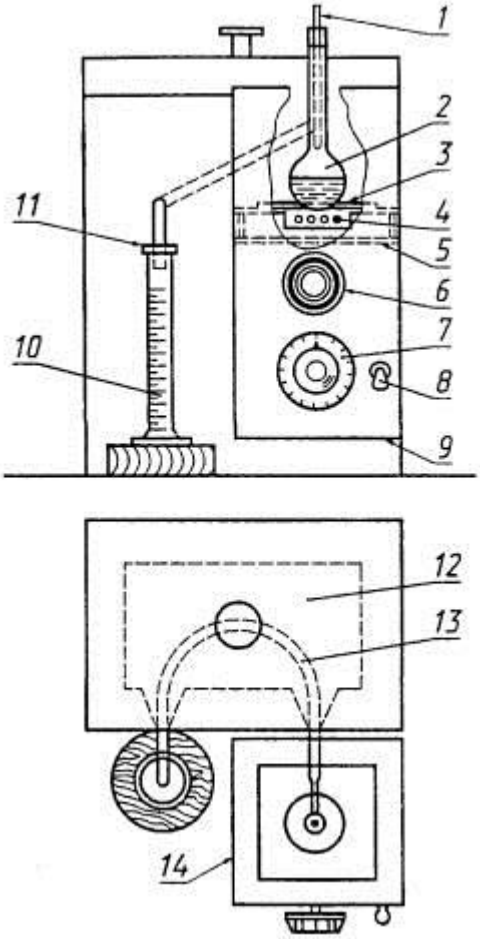

Рисунок 4. Схема аппарата для разгонки светлых и тёмных нефтепродуктов АРНС-Т: 1 - термометр; 2 - колба для перегонки; 3 - асбестовая прокладка; 4 - электрический нагревательный элемент; 5 - подставка; 6 - ручка для регулирования положения колбы; 7 - диск для регулирования нагрева; 8 - выключатель; 9 - открытое дно кожуха; 10 - мерный цилиндр; 11 - фильтровальная бумага; 12 - охлаждающая баня; 13 - трубка холодильника; 14 - кожух.

Воспламеняемость в основном определяет характер сгорания топлива в цилиндре двигателя, а также является главным показателем пригодности топлива для двигателей с воспламенением от сжатия различных типов. Воспламеняемость – эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса воспламенения. Воспламенение – возникновение очага пламени за счет окисления топливо-воздушной смеси под воздействием внешнего давления, температуры, источника зажигания, разряда статистического электричества либо за счет самоускорения экзотермических химических реакций – самовоспламенения.

Горючесть – эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса горения паров топлива с воздухом, протекающего в камере сгорания двигателей. Горение – комплекс физико-химических превращений смеси топлива с воздухом, сопровождающийся интенсивным выделением тепла и излучением света. [20]

Характеристикой эффективности сгорания топлива в двигателе с воспламенением от сжатия является цетановое число – процентное (по объему) содержание цетана ($C_{16}H_{34}$) в смеси с альфаметилнафталином, которое по характеру самовоспламенения эквивалентно топливу, испытуемого в стандартных условиях.

В двигателе от сжатия топливо самовоспламеняется в воздухе, а смесеобразование осуществляется не посредственно в камере сгорания и к началу воспламенения не заканчивается, а развивается одновременно с горением.

Физико-химические преобразования рабочей смеси в дизельном двигателе представляют собой единый непрерывный процесс: с впрыском топлива и заканчивается началом самовоспламенения- период задержки самовоспламенения, в течение которого протекают предпламенные процессы; вторая включает время интенсивного турбулентного горения топливовоздушной смеси с резким увеличением давления; третья фаза включает время замедленного или регулируемого горения за верхней мертвой точкой при снижении давления и завершается к концу впрыска топлива; последняя фаза включает время догорания топлива. [17,23,24,25,26]

Чем выше цетановое число (ЦЧ), тем лучше воспламеняемость топлива. От цетанового числа дизельного топлива во многом зависят такие важные эксплуатационные показатели, как легкость запуска холодного двигателя, его быстроходность и плавность сгорания топлива. Однако, с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу дизельного двигателя с допустимой жесткостью (менее 0.5 МПа/ПВК), ухудшается его экономичность в среднем на 0,2-0,3 и дымность отработавших газов.

Цетановое число дизельного двигателя зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими ЦЧ обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы ЦЧ повышается, а по мере разветвления – снижается. В таблице 4 приведены значения ЦЧ некоторых широко известных углеводородов

Таблица 4. Цетановые числа некоторых углеводородов

Углеводороды	Способность к самовоспламенению (цетановое число)
Парафиновые углеводороды	
Гептан	56,3
Октан	63,8
Декан	76,9
Додекан	87,6
Тетрадекан	96,1
Гексадекан (цетан)	100,0
Октадекан	102,6
Ароматические углеводороды	
Гексаметилбензол	26,0
Альфаметилнафталин	0,0

Эталонные топливные смеси для определения ЦЧ составляют путем смешивания в разных пропорциях цетана (гексадекана), у которого ЦЧ принято равным 100, и ароматического углеводорода альфаметилнафталина, у которого ЦЧ=0

Следуют отметить, что самые низкие ЦЧ присущи ароматическим углеводородам, не имеющим боковых цепей. Ароматические углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие ЦЧ и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими ЦЧ, чем соответствующие им по строению парафиновые углеводороды ЦЧ. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими ЦЧ, но

лучшими, чем ароматические углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими, но лучшими ЦЧ, чем ароматические углеводороды.

Исследование процесса сгорания в дизельных двигателях (ДД) показывает, что при некоторых условиях в них так же, как и в бензиновых двигателях, сгорание сопровождается стуками, подобными детонации. Однако природа этих стуков в дизеле и условия их возникновения совершенно противоположны тем, которые наблюдаются в бензиновых двигателях.

Общность стуков (жесткой работы) в дизельных двигателях (ДД) и детонации в бензиновых двигателях заключаются в том, что они возникают в результате очень большой скорости нарастания давления. В двигателях у дизеля они вызываются запаздыванием воспламенения сразу же при входе в камеру сгорания. В этом случае, давление в цилиндре нарастает плавно, и двигатель работает «мягко», без стуков. Когда период воспламенения получается большим, то в камере сгорания накапливается топливо и дает взрывное сгорание. В этом случае давление нарастает скачкообразно, и двигатель работает «жестко», со стуками. [21,27,28]

Жесткая работа дизеля вызывает серьезные неполадки в работе двигателя. На этом основании моторные качества ДТ принято оценивать периодом задержки (запаздывания) воспламенения.

Период запаздывания воспламенения есть время, от момента впрыска топлива в цилиндр ДД, до момента воспламенения его, и измеряется в градусах поворота коленчатого вала. Углеводороды, входящие в состав ДТ, обладают различными периодами запаздывания воспламенения (ПЗВ) и различными характерами сгорания. Парафиновые углеводороды с прямой цепью имеют малый период запаздывания воспламенения, сгорают плавно, без стука в цилиндре, и для их воспламенения не требуется высокой степени сжатия.

Ароматические углеводороды обладают большим периодом запаздывания воспламенения, и для их воспламенения требуется высокая степень сжатия. Нафтеновые же углеводороды по периоду запаздывания воспламенения занимают промежуточное положение между парафиновыми и ароматическими углеводородами. Основные требования к ДТ – низкая температура воспламенения и обеспечение воспламенения топлива в цилиндре двигателя в наикратчайшее время после поступления его в камеру сгорания. Это свойство ДТ зависит от его химической природы.

Топлива парафинового основания с прямой цепью, вызывающие детонацию в бензиновых двигателях, наиболее желательны для ДД. Ароматические топлива, стойкие в отношении детонации в бензиновых двигателях, сгорают в дизеле неравномерно, вызывают стуки, поэтому они нежелательны для ДД [19,21]

Топлива нафтенового основания занимают промежуточное положение между парафиновыми и ароматическими топливами.

Для определения ЦЧ существует несколько методов: критической степени сжатия (КСС), периода запаздывания воспламенения (ПЗВ) и совпадения вспышек (СВ). Первые два метода имели существенные недостатки и были заменены последним. Метод совпадения вспышек нашел в настоящее время широкое применение и был принят еще в СССР в качестве стандартного (ГОСТ 3122). Моторные качества ДТ принято оценивать на одноцилиндровой установке типа ИДТ-69 или ИДТ-90, используя в качестве эталона цетан и альфа-метилнафталин, и выражать ЦЧ.

Цетан – углеводород нормального парафинового ряда $C_{16}H_{34}$ имеет малый период запаздывания воспламенения. Его цетановое число принято условно за 100.

Альфа-метилнафталин $C_{11}H_{10}$ будучи углеводородом ароматического ряда, трдно воспламеняется и имеет большой период запаздывания. Его ЦЧ принято за нуль.

Вначале, в качестве первичного эталона применялся цетен ($C_{16}H_{32}$). Так как цетан более устойчив при хранении, чем цетен, и приготовление его проще и дешевле, то в настоящее время в качестве эталона применяется цетан.

Цетеновое число всегда выше чем, ЦЧ для одного и того же топлива. Разница для низких значений составляет не более 2 – 3 пунктов. По мере увеличения цетенового числа расхождение увеличивается. Так, ЦЧ = 60 соответствует цетеновому числу 68, ЦЧ = 70 – цетеновому числу 80, а ЦЧ = 88 – цетеновому числу – 100. [28,29,30,31]

ЦЧ определяют по ГОСТ 3122, сравнивая воспламеняемость испытуемого ДТ с эталонным (смеси цетана с α-метилнафталином в разных соотношениях).

Имеется множество расчетных формул для определения ЦЧ ДТ, например по их плотности ρ и кинематической вязкости υ

$$ЦЧ = (\upsilon+17,8)1,5879\backslash \rho \qquad (3)$$

Или исходя из углеводородного состава

$$ЦЧ= 0,85Сп+0,1Сн-0,2Са \qquad (4)$$

Где Сп, Сн, Са – содержание парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, соответственно. По этим формулам можно лишь приблизительно рассчитать ЦЧ {15}. Они не пригодны для топлив с присадками, которые повышают ЦЧ, а также для топлив, в состав которых входят бензиновые фракции.

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с ЦЧ используют дизельный индекс (ДИ) вычисляемый по формуле:

$$ДИ = tан\ \rho\backslash 100 \qquad (5)$$

Где tан – анилиновая точка (определяют по ГОСТ 12829 в С и пересчитывают в F: $F=1,8C+32$) ρ – плотность, градусы АПИ

Таблица 5. Зависимость между дизельный индекс и цетановое число дизельного топлива

Дизельный индекс	20	30	40	50	62	70	80
Цетановое число	30	35	40	45	55	60	80

В таблице 5 Приведена зависимость между дизельным индексом и ЦЧ топлива. Чем выше температура кипения топлива, тем больше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций ЦЧ может снижаться, что объясняется их углеводородным составом.

Воспламеняемость, оцениваемая ЦЧ, является одним из основных показателей, характеризующих моторные свойства ДТ.

Отечественная промышленность выпускает ДТ следующих марок летние (л), зимние (з) и арктические (а). ЦЧ ДТ различных марок, вырабатываемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями величин, и представлены в таблице 6.[32,33]

Таблица 6. Цетановые числа дизельного топлива

Марка дизельного топлива	Л	З (-35 С)	З (-45 С)	А
Цетановое число	47-51	45-49	40-42	38-40

Нормальный запуск и плавная работа дизельной техники в зимний период осуществимы на топливе с цетановым числом 40-50 ед. а в летний период, как минимум, - с цетановым числом 50-51 ед.

ДТ в двигателях протекает по трубопроводам малого диаметра, через фильтры тонкой очистки, иногда при крайне низких температурах. Поэтом температура застывания и вязкость этих топлив имеют большое значение. Наиболее жесткие требования по температуре застывания предъявляются к арктическим и зимним сортам топлива (соответственно А – минус 60 С и З – минус 45).

При уменьшении ЦЧ периода запаздывания воспламенения увеличивается, это приводит к резкому увеличению P_{max} и dP\dφ. при малых углах опережения впрыска периода запаздывания воспламенения сокращается, но мощность двигателя и полнота сгорания падают, так как при этом большая часть топлива сгорает в третьей фазе. При уменьшении продолжительности впрыска при одном и том же количестве подаваемого за цикл топлива периода запаздывания воспламенения изменяется незначительно, но P_{max} и dP\dφ увеличиваются, возрастают мощность и жесткость работы двигателя (Рисунок 5.)

При увеличении степени сжатия повышается температура и давление в момент начала впрыска топлива, что приводит к снижения скорости нарастания давления, уменьшению жесткости работы двигателя, сокращения индикаторного удельного расхода топлива.

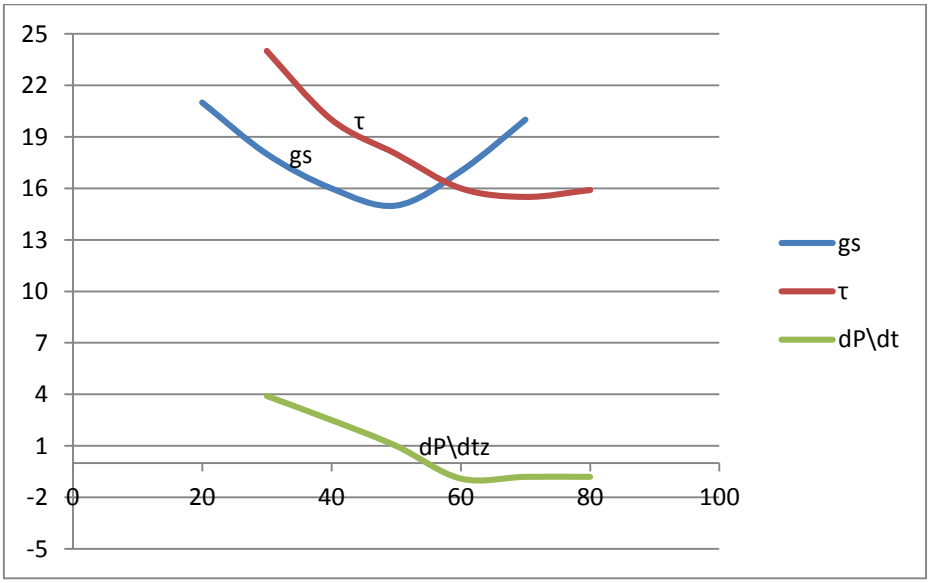

Рисунок 5. Влияние цетанового числа на период задержки воспламенения τ, удельный расход топлива g_s и скорость нарастания давления.

При повышении цетанового числа топлива скорость нарастания давления снижается и уменьшаются жесткость работы двигателя, расход топлива и дымность отработавших газов. [34, 35]

С повышением цетанового числа сверх, оптимального ухудшается экономичность двигателя в среднем на 0,2-0,3 % на единицу цетанового числа и повышается дымность отработавших газов.

Оптимальным ЦЧ ДТ до недавнего времени считалось ЦЧ = 40 – 50. Применение топлив с ЦЧ < 40 приводило к жесткой работе двигателя, а повышение ЦЧ > 50 – к увеличению удельного расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания.

В то же время, сейчас, в промышленно развитых странах создаются новые, все более мощные дизельные двигатели, требующие применения ДТ с более высокими значениями ЦЧ. [15]

Температура вспышки – одна из характеристик, используемая для определения степени горючести НП. Температура вспышки характеризует пожароопасность дизельных топлив. Температурой вспышки называется температура, при которой пары нефтепродукта в смеси с воздухом в определенных условиях при поднесении огня загораются и происходит короткий взрыв. [15] Температура вспышки - одна из характеристик, используемая для определения степени горючести.

Температуру вспышки определяют:

- ГОСТ 6356-75. Сущность метода заключается в определении самой низкой температуры горючего вещества, при которой в условиях испытания над его поверхностью образуется смесь паров и газов с воздухом, способная вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна высока для последующего горения. Для этого испытуемый продукт нагревается в закрытом тигле с постоянной скоростью при непрерывном перемешивании и испытывается на вспышку через определенные интервалы температур. [35,36]
- ГОСТ 4333-87. Сущность метода заключается в нагревании пробы нефтепродукта в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров (температура вспышки) нефтепродукта над его поверхностью от зажигательного устройства и пока при дальнейшем нагревании не произойдет загорание продукта (температура воспламенения) с продолжительностью горения не менее 5 с.. Основными различиями между существующими методиками является использование открытого или закрытого тигля, наличие или отсутствие перемешивания образца внутри тигля и диапазон температур в котором ожидается температура вспышки.

Склонность к образованию отложений – эксплуатационные свойства, характеризующее особенности и результат процессов образования отложений продуктов превращения топлив при эксплуатации техники.

Отложения изменяют тепловой режим двигателя, ухудшают подачу топлива, увеличивают износ и надежность эксплуатации.

Отложения по своим свойствам подразделяются на лаки, нагары и осадки.

Лаки – плотные продукты окислительных превращений на горячих поверхностях металла. Для предотвращения образования лаковых отложений топливо должно обладать хорошими моющими свойствами – способностью противостоять окислению и уплотнению продуктов окисления углеводородов, их адсорбции и коагуляции на горячей металлической поверхности.

Нагары – твердые продукты отложений, образующиеся на поверхности днища поршня и верхней части цилиндра, форсунке и выпускных клапанах. Нарушает тепловой режим двигателя, подачу топлива, увеличивает износ. Для предотвращения образования нагара топливо и масло должны иметь низкую нагарообразующую способность, что зависит от их основного углеводородного состава, наличия примесей, типа и концентрации присадок.

Осадки – липкие, мазеподобные вещества темно-коричневого или черного цвета, состоящие из продуктов низкотемпературного окисления углеводородов, продуктов уплотнения, механических примесей и воды. Забивают элементы топливосистем, ухудшают фильтрование и подачу топлива. Для предотвращения образования осадков топливо должно обладать высокой химической стабильностью. [37, 38]

Склонность дизельных топлив к образованию отложений в двигателе при квалификационных испытаниях оценивается единичными показателями. [21]

Зольностью

Коксуемостью 10 % остатка

Зольность, масса твердого неорганического остатка (золы), образующегося после полного сгорания образца горючего вещества (угля, торфа и др.) в определенных условиях. Выражается обычно в % от массы анализируемого образца и обозначается А. Зольность позволяет качественно судить о содержании в изучаемом образце органических и минеральных веществ. Как правило, чем ниже содержание органических веществ, тем выше зольность. [39]

Коксуемость - процентное содержание в топливе кокса (углистого остатка), получаемого в результате нагревания топлива при высокой температуре. Большое количество смолистых веществ в топливе может вызвать неполное сгорание топлива и образование нагара, отлагающегося на клапанах, в камере сгорания, на поршнях и соплах форсунок. Дизельное топливо для тепловозов должно обладать минимальной склонностью к образованию кокса. [21] Коксуемость определяют по ГОСТ 19932. [40] Коксуемость 10% - ного остатка испытуемого дизельного топлива вычисляют как среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, между которыми допускается расхождение не более 20 % от величины меньшего из двух полученных результатов. На рисунке 6 представлен аппарат для определения коксуемости.

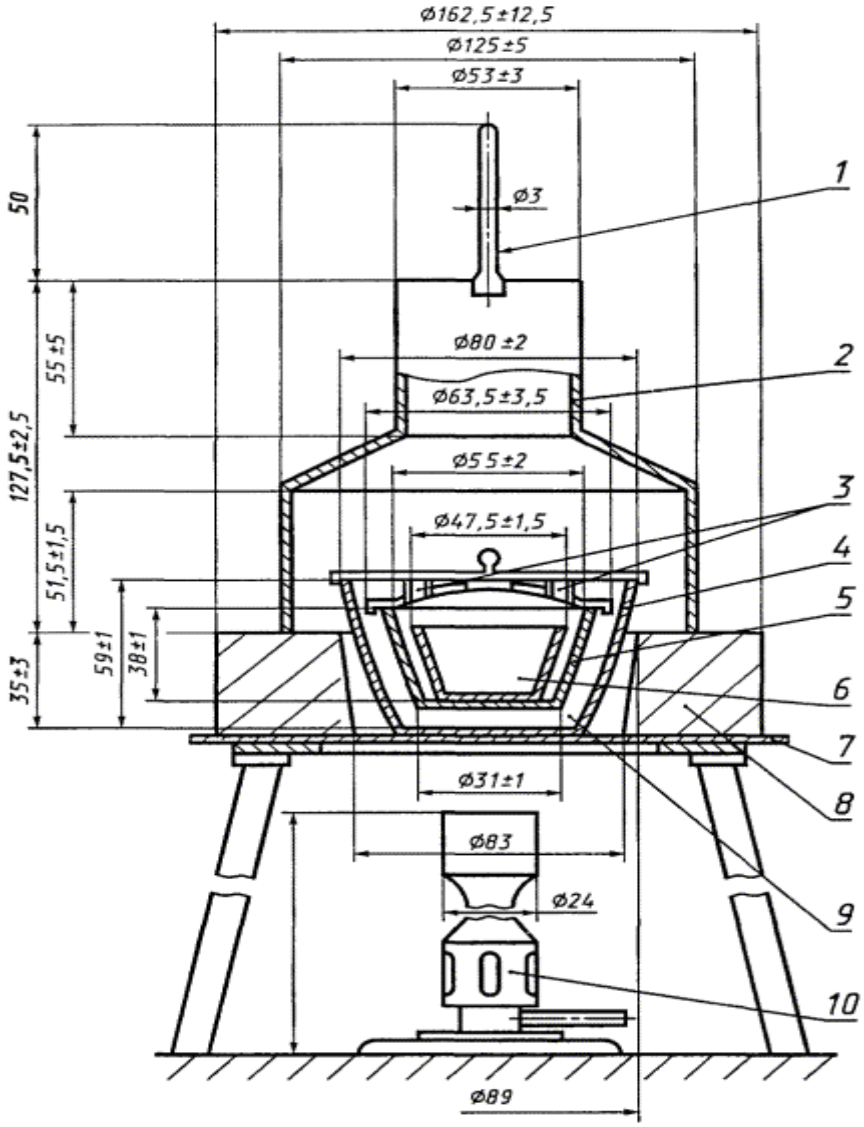

Рисунок 6 - Аппарат для определения коксуемости по Конрадсону1 - мостик; 2 - кожух; 3 - горизонтальные отверстия; 4 - наружный стальной тигель; 5 - внутренний стальной тигель Скидмора; 6 - фарфоровый или кварцевый тигель; 7 - треугольник (подставка); 8 - подставка (изолятор); 9 - сухой песок 25 см3; 10 - горелка Меккера или любая другая газовая горелка

Совместимость с материалами характеризует способность топлив взаимодействовать с конструкционными материалами автомобиля, средств хранения, транспортирования и заправки.

Основные направления и взаимодействия:

- разрушение металлических и неметаллических материалов
- защита металлических деталей от коррозии

Совместимость с материалами связана с двумя основными свойствами топлив: Коррозионной активностью и защитной способностью.

Испытание на медной пластине является универсальным способом оценки коррозионной активности моторных топлив, зависящей от общего содержания активных соединений серы. Проверка коррозионных свойств топлив сводится к следующему (ГОСТ 6321-69): отполированную пластинку из чистой электролитической меди погружают в испытуемое топливо и выдерживают три часа при 50°С или сутки при комнатной температуре.

Топливо не соответствует требованиям, если после испытания пластинка покрывается черными пятнами или темно-серым налетом. Коррозия резервуаров, цистерн, топливных баков, трубопроводов, деталей топливоподающей аппаратуры происходит при наличии в топливе коррозионно-агрессивных соединений, таких как, водорастворимые (минеральные) кислоты и щелочи, активные сернистые соединения, вода, низкомолекулярные органические кислоты.

Смазывающая способность топлив – эксплуатационное свойство, характеризующее особенность и результат процессов трения и проявляющееся в уменьшении силы трения и предупреждении износа трущихся деталей.

Противоизносные свойства топлив – это способность снижать износ трущихся деталей.

Основным показателем антифрикционных свойств смазочных материалов является вязкость.

Вязкость – это внутреннее трение или сопротивление течению жидкости, которая определяется кинематической и динамической вязкостью.

Кинематическая вязкость характеризуется текучестью жидкости при нормальных и высоких температурах.

Динамическая вязкость характеризует текучесть смазочных материалов при низких температурах.

Вязкость дизельного топлива регламентируется стандартами, так как ДТ выполняет, наряду с функцией топлива, одновременно функцию смазки и уплотнения насосов и форсунок. При утечки через неплотности подтекающее топливо догорает и образует на распылителях форсунок нагар. Для быстроходных дизельных двигателях установлена норма вязкости топлив υ не более 8 сст. В стационарных условиях, где возможен подогрев ДТ отходящими дымовыми газами, по стандарту допускается вязкость его υ = 150 сст. [43]

От вязкости ДТ зависит износ плунжерных пар. Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается высокая смазывающая способность ДТ, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость ДТ в пределах 1,8 – 7,0 мм²\с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей. [44]

Вязкость для ДТ нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых на НПЗ промышленных смесей нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуют снижения конца кипения топлива. На процессы испарения и смесеобразования оказывают влияние, также, поверхностное натяжение и давление насыщенных паров, которые зависят от углеводородного и фракционного состава топлива [15]

С утяжелением фракционного состава поверхностное натяжение увеличивается (для летних ДТ оно составляет 0,03-0,032 Н\м при 20 С). Давление насыщенных паров ДТ невелико и, как правило, не превышает 0,665 кПа при 37,8 С [41]

ГОСТ 33 устанавливает метод определения кинематической вязкости нефтепродуктов с помощью капиллярных стеклянных вискозиметров. [45] Сущность определения кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определённого объёма жидкости через капилляр вискозиметра под действием собственной силы тяжести. Для определения кинематической вязкости при положительных и отрицательных температурах используются вискозиметры ВПЖ-2 и Пинкевича. Вискозиметры ВПЖ-2 и Пинкевича (рисунок 7) представляют собой стеклянную U-образную трубку, в одно колено которой впаян

капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка М1, а внизу нижнего расширения – метка М2. В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который надевается резиновая трубка при заполнении вискозиметра исследуемой жидкостью. В нижней части оба колена соединяются с помощью расширения, служащего резервуаром для стока испытуемой жидкости Вискозиметры выпускаются с капиллярами различного диаметра. Набор вискозиметров Пинкевича состоит из вискозиметров с диаметром капилляров от 0,4 до 4 мм..

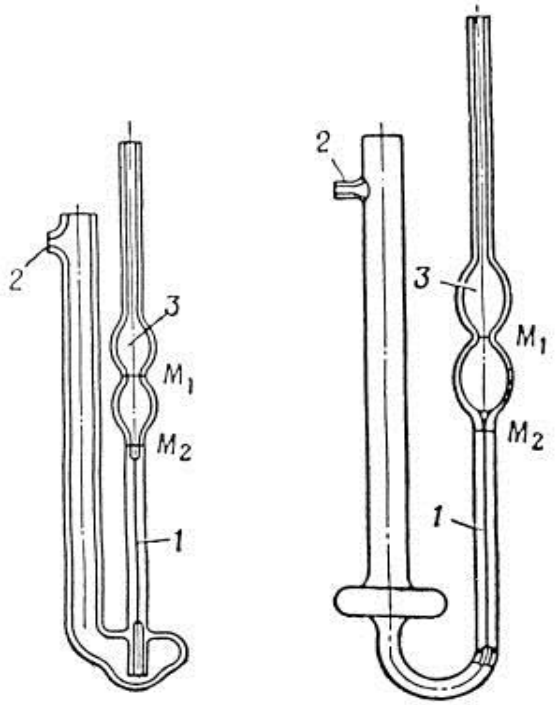

Рисунок 7. Вискозиметры ВПЖ-2 и Пинкевича: 1 – капилляр вискозиметра; 2 – отводная трубка; 3 – расширение вискозиметра.

Наряду с вязкостью плотность, также обеспечивает нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования. Плотность дизельных топлив определяется по ГОСТ 3900 ареометром.

Сущность определения плотности ареометром заключается в фиксации уровня нефтепродукта на его шкале при различной глубине погружения ареометра в жидкость. Чем глубже погружается ареометр в нефтепродукт, тем меньше его плотность. Ареометр (нефтеденсиметр) представляет собой стеклянную пустую трубку (рисунок 8) переменного сечения, запаянную с обоих концов. Внизу ареометра имеется груз, вверху – шкала плотности. Масса ареометра точно отрегулирована. Ареометры выпускают трех типов. У ареометров первого типа цена деления шкалы равна 0,0005 г/см3, у ареометров второго и третьего типов – 0,001 г/см3 (рисунок 8). У ареометров первого и второго типов имеются термометры. У ареометров третьего типа термометров нет. Для испытуемого дизельного топлива подбирают ареометр с 780-860 делением шкалы плотности. Затем подбирают цилиндр по высоте таким образом, чтобы при определении обеспечить погружение ареометра на всю его высоту.

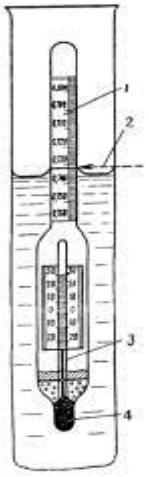

Рисунок 8. Отсчет плотности по шкале нефтеденсиметра: 1 – шкала плотности; 2 – линия отсчета; 3 – термометр; 4 – груз

Прокачиваемость – эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса прокачки топлива по трубопроводам и топливным системам. Прокачиваемость оценивается низкотемпературными свойствами и степенью чистоты топлива.

Фильтруемость – частный случай прокачиваемости, представляет собой способность топлива проходить через фильтр.

Бесперебойная работа топливной аппаратуры двигателей в условиях низких температур окружающего воздуха, текучесть и прокачиваемость топлив обеспечиваются только за счет хороших низкотемпературных свойств топлив. Прокачиваемость топлив, являясь функцией химического состава, с физико-химической точки зрения может быть охарактеризована их вязкостью, температурой застывания и помутнения.

При низких температурах происходит кристаллизация и потеря текучести. Необходимым условием работы двигателя является надежное и непрерывное поступление топлива в камеру сгорания в соответствии с заданным законом подачи.

Топливные системы сложны. Зазоры между трущимися деталями в топливных системах составляют 7-10 мкм, и твердые частицы в топливе должны отсутствовать, иначе произойдет нарушение нормальной работы.

Низкотемпературные свойства, определяют функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды и условия хранения топлива. К основным низкотемпературным свойствам дизельных топлив относятся три показателя: температура помутнения – t_n, температура застывания – $t_з$ и предельная температура фильтруемости – $t_ф$. [

Под *температурой помутнения* t_n понимают температуру, при которой из топлива начинают выпадать первые кристаллы парафина, которые при дальнейшем понижении температуры растут, соединяются вместе и оседают на фильтрах тонкой очистки, в результате чего подача топлива прекращается. Тертерян Р.А. дает несколько другое определение этому показателю: температурой помутнения t_n называется максимальная температура, при которой визуально наблюдается фазовая неоднородность топлива, появляются мелкие кристаллики, хлопья.

Температурой застывания $t_з$ называется температура, при которой топливо теряет подвижность при малых усилиях сдвига. При этой температуре дизельное топливо полностью

теряет свою подвижность из-за образования кристаллической сетки, возникающей при сращивании крупных кристаллов парафина при дальнейшем охлаждении топлива.

До недавнего времени считалось, что низкотемпературные свойства дизельного топлива в достаточной мере характеризуются двумя параметрами - температурой помутнения – $t_п$, и температура застывания – $t_з$. Однако, с эксплуатационной точки зрения эта характеристика необъективна. При перекачке топлива под давлением кристаллическая структура парафинов механически разрушается и топливо может приобрести свойства текучести при температурах ниже температуры застывания.

Сейчас в стандарты многих стран введен еще один параметр – *предельная температура фильтруемости*. Показатель предельной температуры фильтруемости ($t_ф$) характеризует минимальную температуру, при которой заданный объем топлива перекачивается через стандартный фильтр за определенный промежуток времени. Этот показатель в России введен с 1981 г., и определяется по ГОСТ 22254-92. ГОСТом 20287-74 предусмотрено 2 метода оценки температуры застывания нефтепродуктов: метод А и метод Б.

Сущность методов заключается в предварительном нагревании образца испытуемого нефтепродукта с последующим охлаждением его с заданной скоростью до температуры, при которой образец остается неподвижным. Указанную температуру принимают за температуру застывания. Основное отличие методов заключается в том, что по методу А для предотвращения влияния всех имевших ранее термических воздействий на продукт, проводят предварительную термическую обработку образца, нагреваемого до 100ºС, затем проводят охлаждение до комнатной температуры, после чего через 24 часа хранения образец вновь нагревают, но до 45ºС и затем определяют температуру его застывания. По методу Б нагрев топлива до 50ºС осуществляют непосредственно перед определением температуры застывания.

Температуру помутнения определяют по ГОСТ 5066 (второй метод). Сущность метода состоит в охлаждении пробы топлива и определении температуры помутнения.

Предельную температуру фильтруемости определяют по ГОСТ 22254-92. Метод заключается в постепенном охлаждении с интервалом в 1 С и стекании его через проволочную фильтрационную сетку при вакууме 20 МБар. Определение ведут до температуры, при которой кристаллы парафина, выделенного из раствора на фильтр, вызывают прекращение или замедление протекания в такой степени, что время наполнения пипетки превышает 60 с., или топливо не стекает полностью обратно в измерительный сосуд (Рисунок 9)

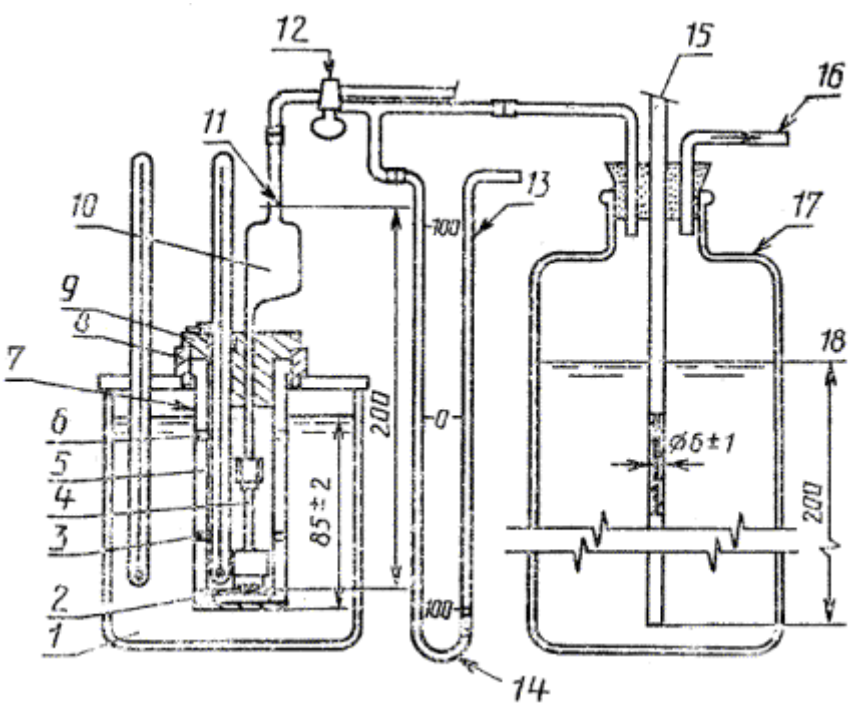

Рисунок 9. Аппарат для определения предельной температуры фильтруемости. 1 - охлаждающая баня; 2 - изоляционное кольцо; 3 - прокладка; 4 - фильтр; 5 - измерительный сосуд; 6 - прокладка; 7 - кожух; 8 - поддерживающее кольцо; 9 - пробка; 10 - пипетка; 11 - калибровочная метка (20 см3); 12 - трехходовыйзакупорный кран; 13 - U-образный манометр; 14 - вода; 15 - соединение с атмосферой; 16 - соединение с вакуумным насосом; 17 - стеклянная бутыль (буферная емкость); 18 - уровень воды

Разность между температурой помутнения и предельной температуры фильтруемости не должна превышать 10ºС.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние ДТ получают, в основном, облегчением фракционного состава с 360ºС до 320ºС для топлива с температурой застывания = -35ºС и до 280-300ºС для топлива с температурой застывания -45ºС.

Следует отметить, что ресурсы ДТ тесно связаны с его фракционным составом. Для получения ДТ с температурой застывания -35ºС и температурой помутнения -25ºС требуется понизить температуру конца кипения с 360ºС до 320ºС, а для топлива с температурой застывания -45ºС и температурой помутнения -35ºС до 280ºС, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти.

Степень чистоты топлива. Этот показатель определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно топливной аппаратуры. Для плунжеров и гильз топливных насосов зазоры составляют 1,5 – 4,0 мкм. Частицы загрязнений, размер которых > 4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке ДТ [21]

Чистоту топлива оценивают *коэффициентом фильтруемости*, который представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. На фильтруемость топлива влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот.

В товарных ДТ содержится, в основном, растворенная вода – от 0,002 дл 0,008 % (гидрид-кальциевый метод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости.

Однако влияние этого фактора неоднозначно. Присутствие в ДТ поверхностно-активных веществ – мыл нафтеновых кислот, смолистых и сероорганических соединений – усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно (15 – 20)×10^{-4} % мыл нафтеновых кислот, образующихся при защелачивании ДТ, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 4-5 [28]

Содержание механических примесей в товарных ДТ, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями, составляет всего 0,002-0,004 %. Это количество не отражается на коэффициенте фильтруемости при исключении других отрицательных факторов.

На фильтруемость дизельного топлива влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот. В товарных дизельных топливах содержится, в основном, растворенная вода –от 0,002 до 0,008% (гидрид-кальциевый метод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости. Нерастворенная в топливе вода -0,01 % и более – приводит к повышению коэффициента фильтруемости.

Механические примеси определяют по ГОСТ 6370-83. [29] Сущность метода заключается в фильтровании испытуемых продуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в бензине или толуоле, промывании осадка на фильтре растворителем с последующим высушиванием и взвешиванием.

Содержание воды определяют по ГОСТ 2477. [30] Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта с нерастворимым в воде растворителем и измерении объема сконденсированной воды.

3.3. Дизельные топлива, их классификация, требования к ним по Российским ГОСТам. Европейские и мировые стандарты на дизельное топливо.

Дизельные двигатели получили широкое распространение. Их усредненный КПД почти вдвое может превышать КПД карбюраторного двигателя. Дизельные двигатели подразделяют на высоко-, средне- и малооборотные. Для каждого типа предназначено свое горючее. Высокооборотные дизели устанавливают в основном на автомобилях. Для них предназначено топливо, которое обычно и называют дизельным. Основные транспортные средства, использующие высокооборотные дизели, - грузовики, но в некоторых странах поощряется установка таких двигателей и на легковые автомобили.

В Европе, например, за 15 лет (с 1975 по 1990 гг.) производство легковых автомобилей с дизельными двигателями увеличилось почти в 10 раз. В России за 12 лет (с 1999 по 2010 гг.) производство дизельного топлива, по сравнению с бензином возросло в 2 раза (таблица 6). [21]

Таблица 6. Производство топлив в России, млн.т., по годам

Вид топлива	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Дизельное	46,8	49,2	50,2	52,7	52,9	55,4	60,0	64,2	66,3	68,9	67,3	69,9
Бензин	26,2	27,2	27,6	29,0	29,3	30,5	32,0	34,1	35,1	35,6	35,8	36,0

Дизельные двигатели имеют следующие преимущества перед карбюраторными [22]:

1. Расход топлива в дизелях при работе на режиме максимальной мощности на 30-35% меньше, чем в карбюраторных двигателях такой же мощности. При работе на пониженных мощностях разница в удельных расходах топлива дизельного и карбюраторного двигателей еще более возрастает. Высокая эксплуатационная экономичность дизеля определяется большей степенью сжатия.
2. Топливо в дизеле воспламеняется от сжатия, что исключает систему зажигания и повышает надежность работы.
3. Равномерное распределение топлива по цилиндрам и равномерная нагрузка отдельных цилиндров двигателя достигаются передачей одинаковых порций топлива в каждый цилиндр при помощи форсунки или насоса-форсунки.
4. Средняя температура рабочего цикла дизеля ниже, чем карбюраторного той же мощности, что облегчает охлаждение.
5. Применение в дизелях более тяжелого по сравнению с бензином топлива обеспечивает пожарную безопасность, облегчает транспортирование и его хранение.
6. Дизельные двигатели допускают большие перегрузки и отличаются большей устойчивостью в работе, чем карбюраторные двигатели.

К недостаткам дизелей относится их больший удельный вес и меньшая по сравнению с карбюраторными двигателями быстроходность. В условиях низких температур наружного воздуха запуск дизелей протекает труднее, чем карбюраторных двигателей.

Дизельное топливо представляет собой нефтяную фракцию, основу которой составляют углеводороды, выкипающие в пределах от 180ºС до 360ºС, легкие газойли каталитического и термического крекинга, коксования и гидрокрекинга. Дизельное топливо классифицируют по назначению на две подгруппы: для быстроходных автомобильных дизелей (частота вращения коленчатого вала не более 1000 об/мин); для средне- (500-1000 об/мин) и малооборотных (менее 500 об/мин). Топливо первой подгруппы производят на основе гидрогенизации (гидроочистка, гидрокрекинг). Дистиллятные фракции вторичной переработки нефти (газойли каталитического крекинга и коксования) используют только после их гидрооблагораживания. Прямогонные среднедистиллятные фракции вовлекают в состав дизельных топлив в количестве, обеспечивающем требования по содержанию серы.

Топлива второй подгруппы вырабатывают из прямогонных среднедистиллятных и остаточных фракций с добавлением продуктов термокаталитических процессов.

В России основными нормативными документами, по которым вырабатываются отечественные дизельные топлива являются: ГОСТ 305-82, ГОСТ Р 52368-2005, ТУ 38.401-58-296-2005, ТУ 38.101889-2004, ТУ 38401-58-36-01.

Топливо вырабатываемое по ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное», предназначено для быстроходных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Для различных климатических условий установлены три марки Д.Т.: «Л» (летнее) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха не ниже 0 ºС; «З» (зимнее) – до -20 ºС ($t_з$ топлива – менее -45 ºС); «А» (арктическое) – до -50 ºС. По содержанию серы дизельные топлива вырабатываемые по этому ГОСТу, делятся на два вида: I – не более 0,2%; II – не более 0,5% (для марки «А» - не более 0,4 %). В условное обозначение топлив марки «Л» должны быть включены показатели содержания серы и температуры вспышки, марки «З» - содержания серы и температуры застывания, марки «А» – только содержанием серы. [61, 63]
В таблице 9 показаны физико-химические показатели ДТ.

Таблица 9. Физико-химические показатели топливо должно соответствовать требованиям и нормам по ГОСТ 305-82

Наименование показателей	Норма для марки		
	Летнее	Зимнее	Арктическое
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, ºС, не выше 96% перегоняется при температуре, ºС, не выше	 280 360	 280 340	 255 330
Кинематическая вязкость при 20 ºС, мм²/с (сСт)	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура застывания, ºС, не выше, для климатической зоны: Умеренной Холодной	 -10 -	 -35 -45	 - -55
Температура помутнения, ºС, не выше, для климатической зоны: Умеренной Холодной	 -5 -	 -25 -35	 - -
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, ºС, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: Вида I Вида II	 0,20 0,50	 0,20 0,50	 0,20 0,40
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание сероводорода	Отсутствие		
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Концентрация фактических смол, мг на 100 см² топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН на 100 см² топлива, не более	5	5	5
Йодное число, г. йода на 100 г. топлива, не более	6	6	6

Зольность, % не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость, 10%-ного остатка, %, не более	0,20	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Содержание механических примесей	Отсутствие		
Содержание воды	Отсутствие		
Плотность при 20 ºС, кг\м³, не более	860	840	830
Предельная температура фильтруемости, ºС, не выше	-5	-	-

ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное Евро» соответствует требованиям EN 590-2004 (Таблица 10).

Таблица 10. Физико-химические и эксплуатационные показатели топлива по ГОСТ Р 52368-2005

Наименование показателя	Значение
Цетаное число	51,0
Цетановый индекс, не менее	46,0
Плотность при 15 ºС, кг\м³	820-845
Полициклические ароматические углеводороды, не более	11
Содержание серы, мг\кг, не более для топлива Вид I Вид II Вид III	 350 50 10
Температура вспышки в закрытом тигле, ºС, выше	55
Коксуемость 10 %-ного остатка разгонки %, не более	0,30
Зольность, %, не более	0,01
Содержание воды, мг\кг, не более	200
Общее загрязнение, мг\кг, не более	24
Коррозия медной пластинки, единицы по шкале	Класс 1
Окислительная стабильность: Общее количество осадка, г\м³, не более	25
Смазывающая способность: Скорректированный диаметр пятна износа при 60ºС	 460
Кинематическая вязкость при 40ºС, мм²\с	2,00-4,50
Фракционный состав: При температуре 250ºС, не менее При температуре 350ºС, не менее 95 % (по объему) перегоняется при температуре, ºС,не выше	 65 85 360
Содержание метиловых эфиров жирных кислот,%, не более	5

Топливо предназначено для использования в дизельных и газотурбинных двигателях наземной и судовой техники. При производстве дизельного топлива класса Евро разрешается применять присадки различного функционального назначения, изготовленные по технологии, утвержденной в установленном порядке. В отличие от ГОСТа 305-82, в ГОСТе Р 52368-2005 устанавливаются дополнительные требования к следующим показателям качества: цетанове

число, цетановый индекс, содержание ПАУ, окислительная стабильность, смазывающая способность, содержание метиловых эфиров жирных кислот. Плотность топлива определяется при 15ºС (в ГОСТ 305 – при 20ºС), кинематическая вязкость при 40ºС (в ГОСТ 305 – при 20ºС). Температура застывания, содержание меркаптановой серы, сероводорода и водорастворимых кислот и щелочей, концентрация фактических смол, кислотность, йодное число, коэффициент фильтруемости и содержание механических примесей в ГОСТе Р 52368-2005 не нормируются.

Для районов с умеренным климатом топлива вырабатывают шести сортов с различными требованиями к предельной температуре фильтруемости: таблица 11. Для районов с холодным и арктическим климатом вырабатывают пять классов топлив: таблица 12. В условном обозначении указывают сорт или класс топлива в зависимости от предельной температуры фильтруемости и температуры помутнения (для класса), а также вид топлива в зависимости от содержания серы.

Таблица 11. Требования к топливу для умеренного климата по ГОСТ Р 52368-2005

Наименования показателя	Значение для сорта					
	A	B	C	D	E	F
Предельная температура фильтруемости, ºС, не выше	5	0	-5	-10	-15	-20

Таблица 12. Требования к топливу для холодного и арктического климата по ГОСТ Р 52368-2005

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, ºС , не выше	-20	-26	-32	-38	-44
Температура помутнения, ºС, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Плотность при 15ºС, кг\м³,	800-845	800-845	800-840	800-840	800-840
Кинематическая вязкость при 40ºС мм²\с (сСт)	1,50-4,00	1,50-4,00	1,50-4,00	1,40-4,00	1,20-4,00
Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0
Цетановый индекс, не менее	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0
Фракционный состав: До температуры 180 ºС, % (по объему), не более До температуры 340 ºС, % (по объему), не менее	 10 95	 10 95	 10 95	 10 95	 10 95

ТУ 38.401-58-296-2005 «Топливо дизельное автомобильное (EN 590)» – это аунтентичный перевод европейского стандарта EN 590. [66] Топливо, вырабатываемое по этому стандарту, предназначено для дизельных двигателей, с оценкой качества топлива только международными методами испытаний. В России топливо дизельное автомобильное EN 590 начали вырабатывать с 2001 г., для поставок на экспорт.

Европейский стандарт **EN 590** действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996 г. Стандарт предусматривает выпуск дизельного топлива для различных

климатических регионов. Общими для дизельных топлив являются требования по температуре вспышки – не ниже 55^0С, коксуемости 10%-ного остатка – не более 0,30%, зольности – не более 0,01%, содержанию воды – не более 200ppm, механических примесей – не более 24 ppm, коррозии медной пластинки – класс 1, устойчивости к окислению – не более 25 г осадка/м^3.

В 1996 г. в Европе введены ограничения на содержание серы в дизельных топливах не более 0,05%. Осуществляется ужесточение требований по сере – до 0,035 % масс. с 2000 г. и до 30 и 50 ppm в перспективе. А в шведском стандарте содержание серы должно быть – 0,001% масс. [67]

В зарубежных стандартах также ограничивается содержание ароматических углеводородов, а в последнее время – содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), как наиболее токсичных соединений. В массовых дизельных топливах их концентрация не должна превышать 6-11% масс., а по шведскому стандарту – 0,02% об. и 0,1% об. [68]

Отмечается тенденция к облегчению фракционного состава топлива, что влечет снижение его плотности. В 2005 г. согласно требованиям Европейского парламента температура выкипания 95% об. дизельной фракции по кривой разгонки не должна превышать 340ºС при плотности не более 825 кг/м^3.

Имеются сообщения, что глубокая гидроочистка дизельного топлива вызывает повышенный износ топливной аппаратуры, что может быть компенсировано введением противоизносных присадок.

На мировых рынках в последние десятилетия были выдвинуты новые высокие и жесткие требования к качеству дизельных топлив, обусловленные ростом дизелизации автотранспорта, экономией топлива и охраной окружающей среды. Прежде всего – это ужесточение норм на цетановое число в сторону их увеличения до 58 единиц, ограничение верхнего предела выкипаемости и повышение температуры вспышки, ужесточение норм по температуре помутнения и предельной температуре фильтруемости топлив в зимний период, улучшение показателей вязкости, цвета, стабильности, коксуемости 10 %-ного остатка и пр. Кроме того, в соответствии с экологическими законодательствами промышленно-развитых стран, постоянно растут экологические требования к дизельным топливам. [15]

В 1998 г. была опубликована «Всемирная топливная хартия», разработанная производителями автомобилей ведущих промышленно-развитых стран мира и содержащая рекомендации по качеству бензинов и дизельных топлив на перспективу. Для неэтилированного бензина и дизельного топлива установлено 3 категории качества применительно к рынкам с различными экологическими требованиями [17]:

- категория 1 – рынки, на которых отсутствуют или минимальны требования к составу отработавших газов;
- категория 2 – рынки со строгими требованиями к качеству отработавших газов или другими ограничениями;
- категория 3 – рынки с повышенными требованиями к характеристикам отработавших газов или другими ограничениями.

Требования категории 3 рассматриваются как, отвечающие требованиям самых прогрессивных технологий, существующих в настоящее время.

В таблице 13 приведены физико-химические и эксплуатационные показатели дизельных топлив согласно «Всемирной топливной хартии».

Таблица13. Физико-химические и эксплуатационные показатели дизельных топлив («Всемирная топливная хартия»)

Показатель	Категории качества		
	1	2	3
1	2	3	4
Цетановое число, не менее	48	53	55
Цетановый индекс, не менее	45	50	52
Плотность при 15^0С,кг/м^3	820-860	820-850	820-840
Кинематическая вязкость при 40^0С, мм^2/с	2,0-4,5	2,0-4,0	2,0-4,0
Массовая доля серы, %, не более	0,50	(0,03)	(0,003)
Массовая доля ароматических углеводородов,%, не более	-	25	15
Массовая доля полиароматических углеводородов,%, не более	-	5	2,0
Фракционный состав: температура выкипания 90 % об.,^{0}С, не выше температура выкипания 95 % об.,^{0}С, не выше конец кипения,^{0}С, не выше	 - 370 -	 340 355 365	 320 340 350
Температура вспышки,^{0}С, не ниже	55	55	55
Коксуемость,%мас., не более	0,30	0,30	0,20
Предельная температура фильтруемости, ^{0}С	НТОС*)	НТОС*)	НТОС*)
Температура потери текучести, ^{0}С	НТОС*)	НТОС*)	НТОС*)
Температура помутнения, ^{0}С	НТОС*)	НТОС*)	НТОС*)
Содержание воды, мг/кг	500	200	200
Окислительная стабильность, г/м^3, не более	25	25	25
Объем вспенивания, мл	-	-	100
Время разрушения пены, с	-	-	С
Биологическая засоренность	Отсутствует		
Массовая доля эфиров растительных масел,%, не более	-	5,0	Отс.
Кислотность, мг КОН/г, не более	-	0,08	0,08
Коррозионность	-	Легкая ржавчина	
Испытание на медной пластинке, балл	Класс 1		
Зольность,%, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание механических примесей, мг/л, не более	-	24	24
Чистота форсунки,% снижения потока воздуха, не более	-	85	85
Смазывающая способность, диаметр пятна износа, мкм	400	400	400

* примечание должна быть равна или ниже самой низкой ожидаемой температуры окружающей среды.

В 2000 г. вышло в свет дополнение к «Всемирной топливной хартии», где представлена категория «4» особо чистых моторных топлив, характеризующихся полным отсутствием серы. Требования «Всемирной топливной хартии» влекут за собой существенные ограничения содержания в автобензинах и дизельных топливах серы, ароматических и олефиновых углеводородов [17].

Для дизельных топлив, содержащих депрессорные присадки, предъявляются дополнительные требования [7]. Эти требования описаны в ТУ 38.101889-2004, и ТУ 38.401-

58-36-01. Депрессор не должен ухудшать коэффициент фильтруемости дизельного топлива. Депрессор должен способствовать удерживанию мелких кристаллов твердой фазы во взвешенном состоянии и равномерному распределению их по всему объему топлива. Необходимость этого дополнительного требования обусловлена тем, что при хранении топлива с присадкой при низких температурах возможно его расслаивание и накопление кристаллов твердой фазы в нижней части емкостей. Наблюдение за образцами дизельных топлив с депрессорными присадками при хранении на открытом воздухе в зимний период (при температурах от 4 до -25ºС) показало, что объем мутного слоя постепенно уменьшается и в конце хранения составляет 1-2 % объема топлива вследствие уплотнения частиц. Температуры помутнения и предельной фильтруемости нижнего мутного слоя на 13-14ºС выше, чем верхнего. В связи с этим установлен показатель седиментационной устойчивости дизельных топлив с депрессорными присадками при температурах ниже температур их помутнения. В качестве такого показателя принят объем мутного слоя после 12 ч выдержки в мерном цилиндре объемом 100 $см^3$ при температуре -10ºС. [9]

Из вышеизложенного, можно прийти к выводу, что предусмотренные по ГОСТ 305-82 показатели дизельные топлива не учитывают природно-климатические условия Крайнего Севера. По ГОСТ 305-82 температура замерзания для арктических дизельных топлив составляет -55ºС, в северных районах Якутии температура окружающего воздуха, может понизиться до -60ºС, топливо выпущенное по ГОСТ 305-82, в таких условиях эксплуатироваться не может. Кроме того, ГОСТ 305-82 не учитывает предельную температуру фильтруемости. За рубежом предельная температура фильтруемости является одной из главных характеристик низкотемпературных свойств дизельного топлива. Эту температуру учитывает ГОСТ Р 52368-2005, по которой она равна -44ºС, что тоже не в полной мере удовлетворяет потребностям рынка. Таким образом, перспективным для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, являются экологически безопасные дизельные топлива с температурой замерзания ниже, чем -55ºС и с предельной температурой помутнения ниже, чем -44ºС.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термину дизельное топливо.
2. Эксплуатационные свойства дизельного топлива. Перечислите.
3. Требования к дизельным топливам. Российские стандарты, европейские стандарты.
4. Классификация дизельного топлива.

4. Топливная экономичность как основной эксплуатационный фактор автомобильного транспорта на Севере

Показатели топливной экономичности характеризуют потребительские качества автомобиля. Стоимость топлива составляет до 20-30% всех затрат на перевозки, поэтому топливная экономичность оказывает существенное влияние на экономическую эффективность автомобильного транспорта. Анализ топливной экономичности позволяет осуществить обоснованный выбор подвижного состава автотранспортного предприятия и рациональное его использование при выполнении транспортных работ. Основным измерителем топливной экономичности автомобиля в большинстве стран является расход топлива в литрах на 100 км пройденного пути – путевой расход топлива В качестве обобщающих (интегральных) показателей при оценке топливной экономичности автомобиля используют средний путевой расход топлива и удельный расход топлива

Средний путевой расход топлива – расход топлива в литрах на 100 километров, определяемый при нормальном эксплуатационном режиме движения в наиболее типичных для данного автомобиля дорожных условиях.

Эффективность использования топлива оценивают его расходом на единицу выполненной транспортной работы – **удельным расходом топлива**. Удельный расход топлива представляет собой отношение среднего путевого расхода топлива к выполненной полезной работе по перевозке грузов или пассажиров. Ввиду большого разнообразия условий работы автомобилей определение обобщающих показателей топливной экономичности представляет сложную и трудоемкую задачу. Поэтому нормативными документами установлены частные (единичные) оценочные параметры топливной экономичности, определяемые в конкретных дорожных условиях с указанием скоростных и нагрузочных режимов работы.

Оценочные показатели топливной экономичности автомобиля в значительной степени определяется такими показателями двигателя, как часовой расход топлива G_T, кг/ч – масса топлива, расходуемого в один час, и удельный расход топлива g_e, г/(кВт·ч) – масса топлива , расходуемого в один час на единицу мощности двигателя.

Основным измерителем топливной экономичности автомобиля в России и в большинстве европейских стран является расход топлива в литрах на 100 км пройденного пути – (путевой расход топлива) Q_S, л.

Для оценки эффективности использования топлива при выполнении транспортной работы используется расход топлива на единицу транспортной работы (100 т·км) Q_W, л – отношение фактического расхода топлива к выполненной транспортной работе.

В США наряду с путевым расходом используют обратный измеритель – длину пробега на единицу объема израсходованного топлива.

В ГОСТ 20306-90, ГОСТ 4.401-88, ГОСТ 4.396-88 и в Правилах ЕЭК ООН № 15 и 84 предусмотрены следующие частные показатели и характеристики топливной экономичности автомобиля:

1. контрольный расход топлива;
2. расход топлива в магистральном цикле на дороге;
3. расход топлива в городском цикле на дороге;
4. расход топлива в городском цикле на стенде;
5. топливная характеристика установившегося движения;

6. топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге;
7. удельный контрольный расход топлива для грузовых автомобилей;
8. обобщенный приведенный расход топлива;
9. топливно-экономическая характеристика.

Контрольный расход топлива (КРТ). КРТ определяют для всех категорий автотранспотрных средств при заданных значениях скорости движения разных, для различных категорий, при движении по прямой горизонтальной дороге на высшей передаче.

Для автомобилей, у которых m_a< 3,5 т, КРТ определяют при V=90 км/ч или (0,9 V_{max} , если V_{max} < 90 км/ч) и V=120 км/ч (если V_{max}>120 км/ч).

Для автотранспортных средств, у которых m_a> 3,5 т (кроме магистральных автопоездов, городских, междугородных и туристических автобусов) КРТ определяют при V= 60 и 80 км/ч, а если V_{max} < 80 км/ч, то при 40 и 60 км/ч. Для городских автобусов КРТ определяют при V= 40 и 60 км/ч, для магистральных автопоездов, междугородних и туристических автобусов при 60 и 80 км/ч (если V_{max} < 80 км/ч, то при 40 и 60 км/ч).

КРТ широко используется для косвенной оценки технического состояния автотранспортных средств.

Топливная характеристика установившегося движения (ТХ). ТХ – график зависимости расхода топлива Q_S от скорости установившегося движения на высшей передаче по горизонтальной дороге, его строят для автотранспортных средстве всех категорий.

Оценочные показатели КРТ и ТХ определяют топливную экономичность на установившихся режимах движения по горизонтальным дорогам с твердым усовершенствованным покрытием. Их используют в основном для сравнения уровня топливной экономичности аналогов. Остальные (ниже названные) – позволяют оценивать средние расходы топлива в типизированных характерных условиях.

Расход топлива в магистральном ездовом цикле на дороге (РТМЦ). РТМЦ измеряют для автотранспортных средств всех категорий, кроме городских автобусов, пробегом по измерительному участку с соблюдением режимов движения, заданных определенной картой и схемой цикла.

Расход топлива в городском ездовом цикле на дороге (РТГЦд). РТГЦд оценивают для автотранспортных средств всех категорий, кромемагистральных автопоездов, междугородних и туристических автобусов так же как РТМЦ. Отличием являются только характеристика операций по операционной карте и схемой цикла.

Расход топлива в городском цикле на стенде (РТГЦ). РТГЦ определяют только для автомобилей, у которых m_a< 3,5 т, испытанием на стенде с беговыми барабанами по ездовому циклу в соответствии с операционной картой и схемой цикла.

Топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге (ТСХ). ТСХ – график зависимости расхода топлива Q_S и скорости $V_{ср}$ от $V_{доп}$ при движении по магистрально-холмистой дороге с заданным продольным профилем. Этот показатель характеризует движение магистральных автопоездов, междугородных и туристических автобусов

4.1 Факторы, способствующие снижению расхода топлива

Существенное влияние на топливную экономичность автомобиля оказывают следующие факторы:

Первоначальная стоимость, которая зависит от: веса конструкции; сложности изготовления; стоимости материалов.

Амортизационные расходы, которые тем ниже, чем больше долговечность конструкции.

Эксплуатационные факторы, состоящие из: расхода топлива, расхода шин, качество используемого топлива, окружающая среда, тип и сложность маршрута, стиль вождения, техническое состояние автомобиля.

Вес конструкции, сложность изготовления и стоимость материала, с последующей амортизацией закладывается при проектировании машины.

Более подробно рассмотрим эксплуатационные факторы.

Окружающая среда, т.е. атмосферные и дорожные условия влияют на работу двигателя, силовой передачи и ходовой части, а следовательно, и на его топливную экономичность.

Так при повышении температуры отработавших газов на 10°С мощность двигателя снижается на 1,8-2,2% (больше у дизелей). Изменение температуры окружающей среды на 10°С приводит к тому, что суммарное сопротивление движению изменяется примерно на 8-10%, расход топлива на 6-7%. При снижении температуры окружающего воздуха на 30°С расход топлива может увеличиться на 25%.

Тип и сложность маршрута влияют на среднее передаточное число трансмиссии, число переключений коробки передач, и загрузку низших ступеней трансмиссии, а следовательно, и на расход топлива. Характерно, что городские маршруты влияют на расход топлива даже больше, чем в горной местности.

В горных и городских условиях значительно влияние радиусов поворота дорог и скоростей движения по ним. Так, при прохождении грузовым автомобилем с колесной формулой 6 х 4 со скоростью 25 км/ч поворотов радиусом 20 и 40 м разница в расходе топлива составляет 40%; если поворот радиусом 30 м проходить со скоростями 25 и 35 км/ч, то разница в расходе топлива составит 45%.

При ухудшении профиля дорожного покрытия от асфальто-бетонного до булыжного, скорость грузового автомобиля снизится примерно на 35-40%, а расход топлива увеличится на 30-40%.

Стиль вождения автомобиля также влияет на его экономичность. Это проявляется в том, что каждая случайная остановка автомобиля ухудшает его экономичность; чем выше степень использования высоких передач при движении, тем экономичнее работа; использование выбега на пологих спусках выгодно, а на горизонтальных участках малоэффективно; езда с интенсивным торможением не экономична; работа на холостом ходу на остановках значительно снижает экономичность двигателя; при разгонах передачи должны переключаться с возрастающей частотой вращения коленчатого вала и уменьшением времени разгона на каждой передаче и т.д.

Техническое состояние автомобиля влияет на непроизводительные энергетические затраты автомобиля. Наиболее значительное влияние на экономичность автомобиля оказывают неисправности двигателя. К неисправностям шасси автомобиля, способным увеличить расход топлива, относятся неправильная регулировка зубчатых колес главной передачи, радиально-упорных подшипников и тормозных механизмов, небольшое давление воздуха в шинах, неправильно отрегулированное схождение колес Данные неисправности могут увеличить расход топлива на 10-20%.

Зависимость расхода топлива от качества и соответствия топлива. На экономичность автомобиля напрямую влияет качество топлива. Качественное топливо будет иметь меньшее количество вредных выбросов, так как имеет лучшую полноту сгорания. Если полнота сгорания топлива выше, повышается КПД двигателя. Это говорит о том, что для достижения силовых и скоростных характеристик потребуется меньшее количество топлива, а это уже дает экономию денег. При сравнении некачественного и качественного топлива разница в расходе может достигать 5%, а иногда и больше.

С качественным горючим, можно получить экономию топлива, стабильность работы двигателя и относительную чистоту камер сгорания, клапанов и свечей.

Полнота сгорания топлива является ключевым моментом в определении качественного дизельного топлива.

4.2 Зависимость топливной экономичности автомобиля от температурного режима основных агрегатов при эксплуатации в условиях холодного климата

Температурный режим агрегатов и связанное с этим изменение топливной экономичности автомобилей зависит как от конструктивных параметров, так и от условий в которых автомобили эксплуатируются, и в первую очередь от температуры окружающей среды.

Понижение наружной температуры на 20°С приводит к увеличению расхода топлива в среднем на 20%.

Расход топлива при низкой температуре окружающего воздуха возрастает из-за увеличения потребления топлива двигателем, усиления сопротивления трансмиссии и шин, повышения аэродинамического сопротивления. Рассмотрим эти составляющие.

Увеличение расхода топлива двигателем объясняется ухудшением рабочих процессов, вызванным пониженным тепловым режимом. Холодный воздух имеет повышенную плотность; поэтому возрастает масса засасываемого воздуха. Плотность холодного топлива также выше, но выше его вязкость и ниже испаряемость, поэтому в целом горючая смесь оказывается обедненной. Холодная обедненная смесь горит недостаточно интенсивно, топливо сгорает неполно, увеличивается его расход. В дизельных двигателях из-за недостаточной температуры конца такта сжатия топливо воспламеняется с большим запаздыванием. Это сопровождается повышенной скоростью нарастания давления и неполным сгоранием топлива.

АТП малообжитых, недостаточно обустроенных районов зачастую не имеют закрытых отапливаемых стоянок, автомобили работают в отрыве от основной базы. Поэтому каждый запуск двигателя зимой в таких условиях представляет трудноразрешимую задачу, и водители предпочитают не выключать двигатель от одного ТО до другого. Такая круглосуточная работа двигателей ведет к большим перерасходам топлива на холостой ход и к повышенным износам, которые также увеличивают расход топлива. В менее тяжелых условиях при хранении автомобилей на необорудованной открытой стоянке зимой источником дополнительного расхода топлива может служить прогрев двигателя холостым ходом в межсменное время и перед выходом на линию. У автомобилей разных марок и моделей указанные явления проявляются в различной степени, что объясняется неодинаковой приспособленностью. У автомобилей с одинаковыми двигателями разная приспособленность объясняется различной компоновкой автомобилей. Приспособленность элемента (двигателя) зависит от системы, в которую он входит (автомобиля), и от его положения в этой системе.

Повышение сопротивления трансмиссии обусловлено недостаточной температурой масла.

Указанное повышение практически целиком зависит от ведущих мостов, так как коробка передач значительно лучше защищена от низкой температуры воздуха и подогревается двигателем. Для легковых автомобилей, где количество трансмиссионного масла невелико по сравнению с грузовыми, этим повышением можно пренебречь. С увеличением количества трансмиссионного масла прирост сопротивления возрастает. Так, для автомобилей ЗИЛ-130, ГАЗ-66 при температуре окружающего воздуха -40°С возросшее сопротивление ведущих мостов вызывает увеличение расхода топлива на 5.6% по сравнению с общим расходом при благоприятной температуре. В этой ситуации от 10 до 30% приращения расхода топлива приходится на ведущие мосты.

Повышение сопротивления шин является главным фактором увеличения расхода топлива при низкой температуре окружающего воздуха. Так, при температуре воздуха -40°С возросшее сопротивление шин вызывает увеличение расхода топлива от 10 до 20% и более по сравнению с общим расходом при благоприятной температуре. На долю шин приходится, как правило, более половины общего увеличения этого расхода, а в некоторых случаях более 80%.

Повышение аэродинамического сопротивления обусловлено повышенной плотностью воздуха, изменением его вязкости и характера обтекания автомобиля. При температуре воздуха -40°С возросшее аэродинамическое сопротивление увеличивает расход топлива по сравнению с общим расходом при оптимальной температуре в городе от 2 до 5%, за городом – от 4 до 7%. В приращении расхода топлива на долю аэродинамического сопротивления приходится в городе от 10 до 20%, за городом – от 20 до 30%.

Рассмотрим влияние остановок на расход топлива. При низкой температуре окружающего воздуха каждая остановка автомобиля вызывает дополнительный расход топлива, который состоит из расхода топлива на прогрев двигателя во время стоянки и расхода топлива на прогрев агрегатов и шин в начале движения после стоянки. Конкретные значения названных слагаемых зависят от марки и модели автомобиля, используемых эксплуатационных материалов и утеплительных средств, длительности остановки, температуры окружающего воздуха, скорости и направления ветра и др.

Прогрев двигателя во время стоянки осуществляли по следующей методике. Когда температура охлаждающей жидкости опускалась до +40°С, двигатель включался и работал на холостом ходу, пока температура не достигала +60°С. Затем двигатель выключался, остывал до +40°С, снова включался и т.д.

При таком способе и температуре окружающего воздуха -40°С расход топлива в городе на прогрев двигателя составляет от долей процента до 4,5% расхода топлива на безостановочное движение в этих же условиях. При движении за городом этот показатель ниже.

В городе при температуре окружающего воздуха -40°С расход топлива на прогрев агрегатов после стоянки составляет от 1,6 до 4,5% относительно расхода на безостановочное движение в этих же условиях. При движении за городом этот показатель составляет от 1,6 до 2,5%.

Суммарные потери топлива за счет стоянок (т.е. на прогрев двигателя на остановке и прогрев агрегатов и шин после стоянки) при типичных режимах движения и температуре окружающего воздуха -40 °С составляют относительно безостановочного движения в городе от 2,6 до 9%, за городом – около 2,5%. В реальных условиях при низкой температуре

окружающего воздуха указанные факторы взаимодействуют и, как уже отмечалось, существенно увеличивают расход топлива автомобилей.

При понижении температуры окружающего воздуха (от оптимального диапазона) расход топлива растет несколько быстрее, чем при повышении. Это во многом объясняется влиянием трансмиссии, шин, аэродинамического сопротивления.

В реальных условиях при низких температурах часть топлива дополнительно расходуется на поддержание теплового состояния двигателя

Таким образом, на расход топлива и на топливную экономичность в целом, влияет низкие температуры окружающего воздуха, и качество используемого топлива. Исходя из этого, если улучить низкотемпературные свойтсва дизельного топлива, характеризующую, работу топлива при низких температурах, можно существенно повысить топливную экономичность транспорта.

Контрольные вопросы

1. Какими показателями оценивается топливная экономичность.
2. Какие факторы влияют на расход топлива.
3. Температурный режим работы агрегатов.

5. Лабораторно-практические работы автомобильных эксплуатационных материалов

Выполнение студентами лабораторных и практических работ направлено на достижение следующих **целей**:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, профессионального модуля. Освоенные на практических и лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;
- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО

Лабораторно-практические работы автомобильных эксплуатационных материалов предполагает изучение методик по определению эксплуатационных свойств автомобильного бензина и дизельного топлива.

Для решения поставленных задач предусматриваются экспериментальные исследования по следующим направлениям:

1. Лабораторные исследования по выделения фракций автомобильного бензина и дизельного топлива из нефти методом ее фракционирования;
2. Лабораторные исследования по определению эксплуатационных характеристик автомобильного бензина и дизельного топлива;
3. Исследование топлив на ядерно-магнитном резонансном спектрометре;

При выполнении лабораторных работ студенты разбиваются на бригады, состоящие из одного или двух человек.

Лабораторно-практическая работа выполняется каждым студентом индивидуально. По результатам каждой лабораторной работы оформляется один отчёт на бригаду.

Отчёт должен удовлетворять указанным далее требованиям, часть из которых обязательна для выполнения. Также в каждой лабораторной работе могут появляться дополнительные требования к содержанию отчёта – они приводятся в описании работы.

По дисциплине «Автомобильные эксплуатационные материалы» предусмотрена балльно-рейтинговая система оценивания успеваемости студентов. Согласно ей за каждую выполненную лабораторную работу студент получает баллы за факт, своевременность и качество выполнения работы, а также баллы за факт, своевременность и качество защиты лабораторной работы.

Качество выполнения работы оценивается по нескольким критериям, часть из которых – общая для всех лабораторных работ (эти критерии приводятся далее), а часть – специфична для конкретной лабораторной работы (эти критерии приводятся в описании

каждой работы). Критерии имеют неодинаковые веса, но в данных методических указаниях их веса не указываются, поскольку по мере совершенствования балльно-рейтинговой системы они могут изменяться. Качество защиты оценивается не во всех лабораторных работах, а только в тех, где защита состоит из нескольких частей, одна из которых обязательна для всех студентов.

Выполнение необязательных частей защит позволяет набирать баллы за качество защиты лабораторной работы.

Баллы за своевременность выполнения и защиты лабораторной работы начисляют по принципу «чем раньше сдана работа, тем больше баллов набрано».

Приём преподавателем каждой лабораторной работы включает три этапа (только в указанном порядке):

1) объяснение содержимого отчёта (проверяется понимание логики работы, знание теоретического материала, соответствие отчёта установленным требованиям);

2) защита лабораторной работы (ответы на контрольные вопросы). Общие требования к оформлению отчёта

Отчёт должен содержать:

- титульный лист (обязательно);
- описание задания на лабораторную работу (обязательно);
- описание хода работы;
- исследования и результаты выполнения всех заданий (обязательно);

Отчёт не должен содержать орфографических, пунктуационных и смысловых ошибок. Все его разделы должны быть выдержаны в едином стиле оформления.

Лабораторная работа №1. Лабораторные исследования по выделения фракций автомобильного бензина и дизельного топлива из нефти методом ее фракционирования

Цель работы: выделить с помощью аппарата прямой перегонки нефти АРНС-1Э бензиновые фракции и дизельные фракции исходным сырьем является нефть.

Ход работы: Фракционный состав дизельного топлива определяли по методике ГОСТ 2177-99, сущность которой заключается в перегонке 100 см ³ нефти с выделением различных фракций в зависимости от их температуры выкипания.

Исследование проводить на приборе для разгонки нефтепродуктов марки АРНС-1Э (Рисунок 1).

Холодильник должен быть изготовлен из бесшовной трубки некорродирующего металла длиной (560 ± 5) мм, наружным диаметром 14 мм и толщиной стенки от 0,8 до 0,9 мм. Примечание – Пригодными материалами являются латунь или нержавеющая сталь.

Холодильник следует устанавливать таким образом, чтобы часть трубки длиной (393 ± 3) мм контактировала с охлаждающей средой, причем снаружи бани на расстоянии (50 ± 3) мм должен находиться верхний конец, а нижний конец должен выступать на (114 ± 3) мм. Часть трубки, выступающая сверху, должна устанавливаться под углом 75° к вертикали. Часть трубки внутри бани должна быть прямой или изогнутой по любой подходящей непрерывной плавной кривой. Относительно горизонтали средний градиент наклона трубки должен составлять 15° ± 1°, и ни один из отрезков длиной 100 мм не должен выходить за пределы градиента 15° ± 3°. Выступающая нижняя часть трубки холодильника должна быть изогнута книзу на расстоянии 76 мм, а нижний конец срезан под острым углом. Следует предусмотреть возможность стекания дистиллята по внутренней стенке мерного приемного цилиндра.

Экраны должны обеспечивать защиту оператора во время проведения испытания, а кожух колбы для разгонки - от сквозняков. Они позволяют легко осуществлять наблюдение за процессами разгонки и должны быть обеспечены, как минимум, одним смотровым окошком для наблюдения за температурой выпаривания в конце разгонки.

Источником нагрева является электронагреватель, обеспечивающий получение первой капли от холодного пуска в течение установленного времени и в течение всей разгонки с определенной скоростью.

Включают водяные холодильники для конденсации паров. Записывают температуру в комнате и внешнее давление.

Подводят тепло к колбе так, чтобы скорость дистилляции равнялась 4 мл/мин. отмечают температуру первой капли, которая отражает температуру начала кипения бензина. Далее регулируют температуру.

Отбираем дизельную фракцию и бензиновую фракцию при температуре от 180°С до 280°С и определяем объем жидкости в приемнике, скорректированные на поправку (С′)

$$C' = 0{,}000009 * (101{,}3 * 10^3 - Pb) * (273 + t_o) \quad (1)$$

Pb–барометрическое давление, преобладающее во время анализа (определялось с погрешностью не более 0,05 кПа), Па; t_o - наблюдаемые показания термометра, С.

Рисунок 1. Аппарат для перегонки нефтепродуктов АРНС-Э

Контрольные вопросы

- Температура начала отбора бензиновых и дизельных фракций.
- Что такое фракционный состав бензина
- Что такое фракционный состав дизельного топлива.
- Техника безопасности при разгонке нефти.

Лабораторная работа №2. Лабораторные исследования по определению эксплуатационных характеристик автомобильного бензина и дизельного топлива

1. Методика определения кинематической вязкости

Цель работы: определить кинематическую вязкость автомобильного бензина АИ-92 и дизельного топлива А 0,2.

Ход работы: Вязкость дизельного топлива зависит от его природы (природа дисперсионной среды и дисперсной фазы), концентрации частиц дисперсной фазы, температуры и других факторов. Вязкость дизельного топлива определяется по ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Стандарт устанавливает метод определения кинематической вязкости (ŋ) жидких нефтепродуктов, прозрачных и непрозрачных жидкостей измерением времени истечения определенного объема жидкости под действием силы тяжести через калиброванный стеклянный капиллярный вискозиметр.

Кинематическая вязкость (ŋ) – это сопротивление жидкости течению под действием гравитации.

Сущность метода заключается в измерении калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения, в секундах, определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра.

Необходимые материалы:

смесь хромовая для мойки стекла: калий двухромовокислый по ГОСТ 4220, кислота серная по ГОСТ 4204 или сильноокисляющая кислота, не содержащая хрома;

растворитель, полностью смешивающийся с образцом, например петролейный эфир, следует профильтровать перед использованием;

осушающий растворитель, легкоиспаряемый и смешивающийся как с растворителем для образца, так и с водой. Перед применением следует отфильтровать.

вода деионизированная и дистиллированная, соответствующая сорту 3, перед применением следует отфильтровать;

сертифицированные стандартные образцы вязкости, используемые для контроля при проведении лабораторных испытаний;

соль поваренная крупнокристаллическая или сульфат натрия безводный, или кальций хлористый прокаленный, или любой другой осушитель;

спирт этиловый технический по ГОСТ 17299, спирт этиловый синтетический, спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300;

кислота соляная по ГОСТ 3118.

Аппаратура

Вискозиметры стеклянные капиллярные, калиброванные, обеспечивающие измерение кинематической вязкости.

При измерении кинематической вязкости менее 10 $мм^2$ /с и времени истечения менее 200 с вводят поправку на кинематическую энергию.

Держатель, обеспечивающий строго вертикальное крепление вискозиметра, у которого верхняя метка расположена непосредственно над нижней, с погрешностью не более 1°С по всем направлениям.

Если верхняя метка вискозиметра отклонена относительно нижней, погрешность отклонения от вертикали не должна превышать 0,3° по всем направлениям. Вертикальность вискозиметра оценивается по верхней половине широкого колена.

Баня с регулируемой температурой достаточной глубины, чтобы в момент измерения расстояние от образца в вискозиметре до верхнего уровня жидкости в бане и от образца до дна бани были не менее 20 мм. Для наполнения бани используют прозрачную жидкость (дисстиллированная вода), которая остается в жидком состоянии при температуре испытания.

Температуру бани регулируют таким образом, чтобы (для каждой серии определений времени истечения) в интервале от 15 до 100°С температура в бане не менялась более чем на ±0,02 °С по всей высоте вискозиметров или в пространстве между вискозиметрами и местом расположения термометра.

Для температур, находящихся вне указанного интервала, изменения температуры не должны превышать ±0,05 °С.

Для диапазона измерения от 0 до 100°С применяют калиброванные жидкостные стеклянные термометры (приложение В) с точностью после корректировки не менее ±0,02 °С или выше или другие термометрические устройства равноценной или более высокой точности. Если в одной и той же бане используются два термометра, показания их при этом не должны отличаться более чем на 0,04°С.

Для измерения температур вне диапазона от 0°С до 100°С следует использовать калиброванные жидкостные стеклянные термометры с точностью после корректировки ±0,05 °С и выше, а при применении двух термометров в одной и той же бане их показания не должны отличаться более чем на ±0,1°С.

Вискозиметр заполняют испытуемым нефтепродуктом в соответствии с формой аппарата аналогично тому, как это осуществлялось при калибровке вискозиметра, и помещают в баню. Если в образце содержатся твердые частицы, то при загрузке его фильтруют через сито с размером отверстий 75 мкм, стеклянный или бумажный фильтр. При наличии в нефтепродукте воды его сушат безводным сульфатом натрия или прокаленной крупнокристаллической поваренной солью, или прокаленным хлористым кальцием и фильтруют через бумажный фильтр. Вязкие продукты допускается перед фильтрованием подогревать от 50 до 100°С.

Наполненный вискозиметр выдерживают в бане до тех пор, пока он не прогреется до температуры испытания. Если одна баня используется для нескольких вискозиметров, нельзя погружать или вынимать вискозиметры из бани, пока хотя бы один вискозиметр находится в рабочем состоянии. Так как время нахождения в бане будет меняться в зависимости от оборудования, температуры и кинематических вязкостей, время температурного равновесия достигается экспериментально.

После того, как образец достиг температурного равновесия, доводят объем образца до требуемого уровня, если этого требует конструкция вискозиметра.

Используя подсос (если образец не содержит летучих веществ) или давление, устанавливают высоту столбика образца в капилляре вискозиметра до уровня, находящегося приблизительно на 7 мм выше первой временной метки, если в инструкции по эксплуатации вискозиметра не установлено другое значение.

При свободном истечении образца определяют с точностью до 0,1 с время, необходимое для перемещения мениска от первой до второй метки. Если время истечения меньше установленного минимального, подбирают вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторяют определение.

Кинематическую вязкость ŋ, $мм^2$ /с, рассчитывают по формуле

$$\eta = C \times t \quad (2)$$

Где: С =калибровочная постоянная вискозиметра $мм^2$ /с

t =среднеарифметические истечение времени, с

2. Методика определения плотности

Цель работы: Определить плотность автомобильного бензина АИ-92 и дизельного топлива А 0,2

Ход работы: Плотность дизтоплива определяется по ГОСТ Р 51069-97 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром». Стандарт распространяется на сырую нефть, нефтепродукты, смеси нефтей и жидкие нефтяные продукты с давлением насыщенных паров по Рейду (ГОСТ 1756) 179 кПа или менее и устанавливает метод определения плотности, относительной плотности (удельного веса) или плотности в градусах API с помощью стеклянного ареометра.

Пробу доводят до заданной температуры и переносят в цилиндр. В пробу погружают соответствующий ареометр. После достижения температурного равновесия отмечают показания ареометра и температуру испытуемой пробы. При необходимости цилиндр с испытуемым продуктом помещают в баню с заданной постоянной температурой во избежание значительной погрешности во время испытания.

Отмечают показания ареометра при температуре испытания. Затем плотность приводят к температуре 15°C, а относительную плотность (удельный вес) и плотность в градусах API приводят к температуре 60°F с помощью международных стандартных таблиц. С помощью этих таблиц значения, определенные в одной из трех систем измерения, можно перевести в эквивалентные значения другой. Это позволяет проводить измерения в принятых национальных единицах.

Относительная плотность (удельный вес) - отношение массы данного объема жидкости при температуре 15 °C (60 °F) к массе равного объема чистой воды при той же температуре. При записи результатов указывают стандартную температуру, например: относительная плотность (удельный вес) (60/60) °F.

Плотность в градусах API - специальная функция относительной плотности (удельного веса) (60/60) °F, которую вычисляют по формуле:

$$\text{плотность в градусах API} = \left(\frac{141{,}5}{\text{удельный вес } (60/60)^{\circ}F} \right) - 131{,}5 \quad (3)$$

Применяемая аппаратура:

Ареометры стеклянные, градуированные в единицах плотности, относительной плотности (удельный вес) или плотности в градусах API, в соответствии со спецификациями ASTM или Британского института стандартов;

Термометры с диапазонами измерений, которые соответствуют стандарту;

Цилиндр для ареометра из прозрачного стекла, пластмассы или металла. Для облегчения переливания цилиндр может иметь на ободке носик. Высота цилиндра должна быть такой, чтобы расстояние от дна цилиндра до ареометра было не менее 25 мм;

Пластмассы, применяемые для изготовления цилиндров для ареометров, должны быть стойкими к обесцвечиванию и воздействию образцов нефтепродуктов и не должны мутнеть после продолжительного воздействия солнечного света или воздействия образцов нефтепродуктов;

Баня, в которой поддерживается постоянная температура.

Определение плотности, относительной плотности (удельного веса) или плотности в градусах API ареометром при стандартной температуре 15 °C или 60 °F, или близкой к ней, является наиболее точным. Температуры от минус 18 до плюс 90 °C (0-195 °F) следует использовать в зависимости от типа образца и других параметров.

Если показание ареометра используют для корректировки объемов при стандартных температурах, то показание ареометра следует снимать при температуре, отличающейся от температуры, при которой был измерен объем продукта, в пределах ±3 °C (±5 °F).

Методика испытаний

Проверяют температуру испытуемого образца в соответствии с требованиями безопасности. Доводят цилиндр ареометра и термометр приблизительно до температуры испытуемого образца.

Образец переносят в чистый цилиндр ареометра, не проливая, чтобы избежать образования воздушных пузырьков и сократить до минимума испарение компонентов с более низкой температурой кипения. Высоколетучие образцы переносят в цилиндр с помощью вытеснения или сифонирования. Прежде, чем погружают ареометр, удаляют образовавшиеся пузырьки воздуха, если они собрались на поверхности образца, касаясь их чистой фильтровальной бумагой.

Помещают цилиндр с образцом в вертикальном положении в место, защищенное от ветра. Следят за тем, чтобы температура образца значительно не менялась во время испытания; в этот период температура окружающей среды не должна изменяться более чем на 2°C (5°F). Если испытание проводят при температуре выше или ниже комнатной температуры, используют баню с постоянной температурой.

Аккуратно погружают ареометр в испытуемый образец. Не допускается намокание стержня выше уровня погружения ареометра в жидкость, так как жидкость на стержне влияет на показания. Образец непрерывно перемешивают термометром таким образом, чтобы ртутный столбик был полностью погружен, а стержень ареометра не намокал выше уровня погружения. Как только получена стабильная температура, ее записывают с точностью до 0,25°C (0,5°F) и затем удаляют термометр.

Ареометр погружают приблизительно на два деления в жидкость, а затем отпускают. При испытании маловязких образцов легким вращательным движением добиваются, чтобы ареометр не приближался к стенкам цилиндра. Выжидают, чтобы ареометр остановился, и все пузырьки воздуха поднялись на поверхность. В частности, это необходимо при испытании более вязких образцов.

Когда ареометр в состоянии покоя плавает далеко от стенок цилиндра, считывают показания шкалы ареометра с точностью до 0,0001 при измерении относительной плотности (удельного веса) или плотности, или до 0,05 ° API для плотности в градусах API. Верным показанием ареометра является точка на шкале ареометра, где поверхность жидкости разделяет эту шкалу. Эту точку определяют, глядя слегка ниже уровня жидкости и медленно

поднимая взгляд до тех пор, пока поверхность жидкости будет представлять эллипс неправильной формы, а затем прямую линию, разделяющую шкалу ареометра (рис. 2.).

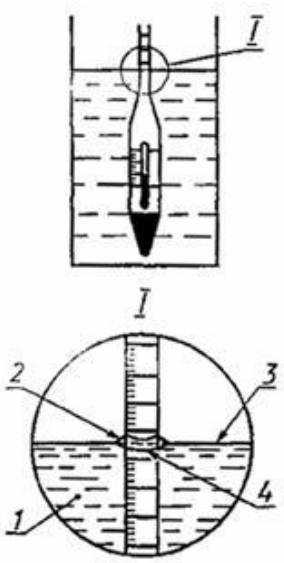

Рисунок 2. - Показание шкалы ареометра для прозрачных жидкостей: 1 - жидкость; 2 - точка съема показаний; 3 - горизонтальная поверхность жидкости; 4 - основание мениска

Вводят соответствующие поправки к показаниям термометра (для шкалы или шарика) и ареометра (шкала). При испытании непрозрачных образцов вводят соответствующую поправку к показанию ареометра. Записывают скорректированное показание шкалы ареометра с точностью 0,0001 плотности или относительной плотности (удельного веса) или 0,1 С° API. После применения соответствующих поправок записывают с точностью 0,5 °С или 1 °F средние температуры, наблюдаемые непосредственно до и после окончательного снятия показания ареометра.

Примечание - Показания ареометра при температурах, отличающихся от стандартной температуры калибровки (15 °С или 60 °F), следует рассматривать только как показания шкалы, так как они меняются в зависимости от температуры.

Для получения скорректированных значений стандартной температуры следует применять таблицы измерения параметров нефти и нефтепродуктов.

Результат испытания записывают как плотность в килограммах на литр при 15 °С или относительную плотность (удельный вес) при 60/60 °F, или плотность в градусах API. [9]

Если известна плотность при какой то температуре, то плотность любого нефтепродукта принято измерять из формулы:

$$\rho_T = \rho_{20} - G \cdot (t - 20) \quad (4)$$

где ρ_{20} - плотность дизтоплива при 20°С по ГОСТ 305-82;

ρ_T - искомая плотность;- средняя температурная поправка, берется по таблицам по плотности, для плотности 860 G=0,000686;- температура.

3. Методика определения предельной температуры фильтруемости

Цель работы: определить предельную температуру фильтруемости дизельного топлива А 0,2

Ход работы: предельную температуру фильтруемости определяют на автоматическом аппарате ПТФ-ЛАБ-11, заводской № 138 по ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод

определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре». Сущность метода заключается в постепенном охлаждении испытуемого топлива с интервалом в 1ºС и стекании его через проволочную фильтрационную сетку при вакууме 1961 Па (200 мм вод.ст.) [20 мбар]

Определение ведут до температуры, при которой кристаллы парафина, выделенного из раствора на фильтр, вызывают прекращение или замедление протекания в такой степени, что время наполнения пипетки превышает 60 с, или топливо не стекает полностью обратно в измерительный сосуд.

Аппаратура

Аппарат ПТФ-ЛАБ-11, стилус, пипетка, крышка испытательного модуля, измерительный сосуд, фильтрующая система, фильтрующая сетка, накидная гайка, уплотнительное кольцо, латунная втулка датчик температуры, шланг в термоизоляции (2м), диск-шаблон для установки датчика температуры.

Конструкция аппарата.

Аппарат выполнен в настольном исполнении. Конструкция и геометрические размеры всех блоков аппарата соответствует требованиям ГОСТ 22254-92. Внешний вид аппарата показан на рисунке 3.

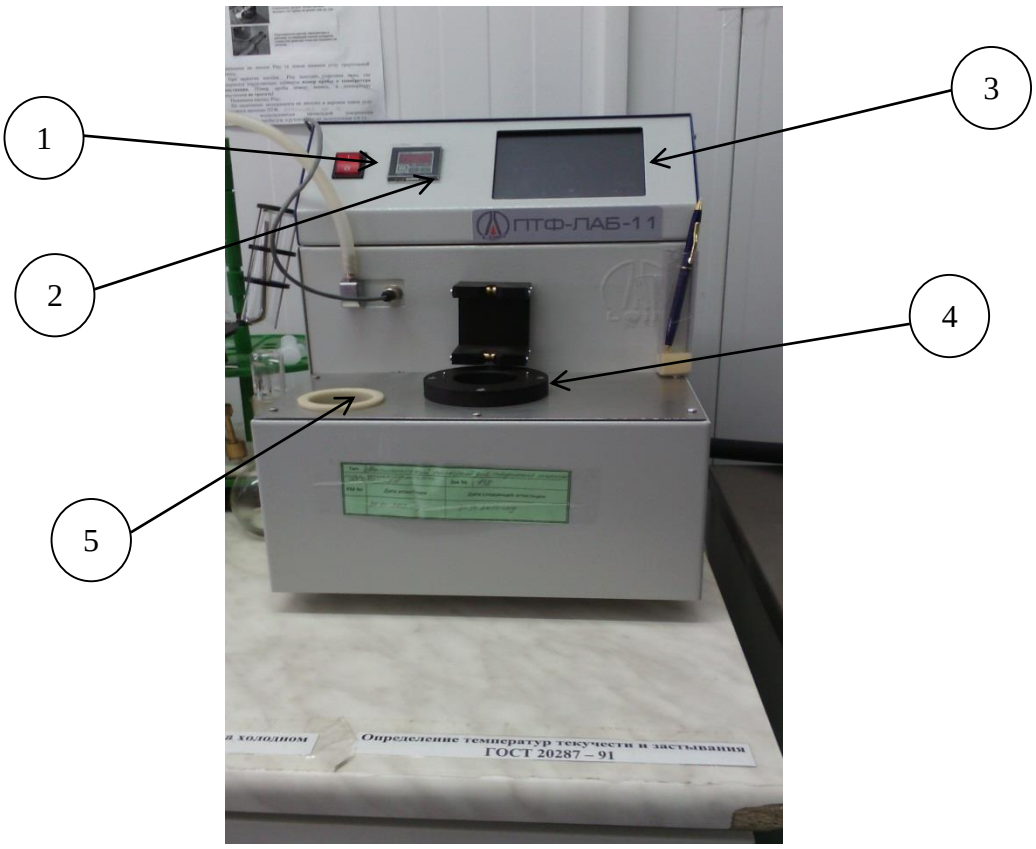

Рисунок 3. Внешний вид аппарата ПТФ ЛАБ-11. На передней панели аппарата размещаются выключатель электропитания (1), индикатор вакуума (2) и сенсорный дисплей (3). На рабочем столе аппарата (4) размещается испытательный модуль (5). Устройство испытательного модуля.

Подготовка к работе.

Перед первым включением аппарата необходимо собрать узел пипетки, поставляемый в разобранном виде. Узел пипетки собирается из пипетки, крышки испытательного модуля,

накидной гайки, резиновых уплотнительных колец, латунной втулки и фильтрующей системы, состоящей из фильтрующей сетки и латунного корпуса.

Помимо пипетки в отверстие крышки испытательного модуля устанавливается датчик температуры. Глубина погружения датчика устанавливается в соответствии с требованиями ГОСТ 22254-92. Для регулировки глубины погружения термодатчика необходимо выполнить следующие действие:

Поместить на дно измерительного сосуда один из дисков-шаблонов, входящих в комплект поставки аппарата.

Опустить стопорный винт на ограничительной втулке датчика температуры и поместить термодатчик в соответствующее отверстие в крышке испытательного модуля.

Установить крышку на измерительный сосуд и погрузить датчик на максимально возможную глубину так, чтобы наконечник датчика касался диска-шаблона.

Зафиксировать положение датчика при помощи ограничительной втулки и стопорного винта.

По окончании регулировки вынуть из измерительного сосуда диск-шаблон.

Процесс подготовки аппарата к эксперименту выполняется следующим образом:

Помещают подготовленную пробу дизельного топлива в измерительный сосуд так, чтобы уровень жидкости соответствовал метке на стенке сосуда. Устанавливают на измерительный сосуд крышку испытательного модуля с узлом пипетки и термодатчиком. Помещают сосуд в гнездо испытательного модуля так, чтобы сосуд полностью был погружен в охлаждающую баню. Фаска на крышке должна быть обращена в сторону узла датчиков. Штифы на корпусе испытательного модуля должны войти в соответствующие отверстия в крышке. Крышка испытательного модуля должна полностью закрыть горловину охлаждающей бани. Пипетка должна быть развернута в сторону узла датчика. Сверху надевают вакуумный шланг трубки пипетки. Нужно соблюдать осторожность, чтобы не повредить стеклянные детали. Шланг должен заходить на трубку не менее чем на 1 см. Далее подсоединяют датчик температуры к разъему на передней панели аппарата, совместив красные точки. Аккуратно удерживания пипетку перемещают узел оптических датчиков. Испытательный модуль подготовлен и готов к эксперименту.

Выполнение испытаний.

Выполнение испытаний проводится согласно требованиям ГОСТ 22254-92. Перед началом работы необходимо подготовить пробу исследуемого дизельного топлива согласно требованиям стандарта.

Для проведения испытаний необходимо:

Подключить аппарат к системе внешнего охлаждения и включить его при помощи выключателя электропитания.

1. Установить в гнездо охлаждающей банит измерительный сосуд с подготовленной пробой и собрать испытательный модуль. При необходимости использовать процедуру предварительного охлаждения для приведения температуры охлаждающей бани в соответствие с требованиями стандарта.
2. Нажать кнопку старта, при этом откроется стартовое окно программы. Если известна ожидаемая температура помутнения для исследуемого образца, установить соответствующий флаги ввести значение в поле редактирования.
3. В раскрывающемся списке в главном окне программы выбрать имя оператора.

4. Нажать кнопку начала эксперимента, при этом автоматически начнется охлаждение пробы и прокачка ее через фильтрующую систему.

В процессе эксперимента в окне отсчета будут отображаться сведения о ходе эксперимента. В момент прокачки над схемой эксперимента отображается таймер отсчета времени прохождения пробы через фильтр.

Дождаться окончания эксперимента. По окончании эксперимента в последней строчке окна с информацией о ходе эксперимента в последней строчке окна с информацией о ходе эксперимента в графе «стекание» будет стоять сообщение «timeout», а над схемой эксперимента будет выведено итоговое значение предельной температуры фильтруемости для данной пробы.

По окончании эксперимента можно использовать процедуру ускоренного размораживания пробы, при которой в охлаждающей бане устанавливается температура плюс 25ºС

После завершения эксперимента рекомендуется выполнить промывку испытательного модуля.

Подготовка пробы

Пробу испытуемого топлива фильтруют через сухую фильтровальную бумагу при температуре не менее 15ºС.

Пробу топлива отбирают по ГОСТ 2517. Для удаления механических примесей и воды топливо фильтруют через фильтр «белая лента» при температуре не менее чем на 15ºС выше температуры помутнения.

Проведение испытания.

Измерительный сосуд наполняют испытуемым топливом до метки, и закрывают пробкой с находящимся в ней пипеткой с фильтром и соответствующим термометром. При ожидаемой предельной температуре фильтруемости ниже минус 30 применяют термометр с низшими пределами температур. Во время испытания термометр нельзя менять.

Аппаратуру устанавливают таким образом, чтобы нижняя часть фильтра находилась на дне измерительного сосуда, термометр устанавливают параллельно пипетке и таким образом, чтобы его нижний конец находился на 1,5±0,2 мм от дна измерительного сосуда. Шарик термометра не должен соприкасаться ни со стенкой измерительного сосуда, ни с фильтром.

Кожух помещают вертикально на глубине 85±2 мм в охлаждающей бане, в которой поддерживают постоянную температуру. Измерительный сосуд помещают в кожухе в стабильном вертикальном положении.

При открытом запором кране соединяют пипетку с вакуумной установкой при помощи гибких шлангов, присоединенных к крану. Включают вакуум и устанавливают воздушный поток так, чтобы U-образный манометр показывал падение давления 200 мм водяного столба во время всего испытания.

Определение начинают сразу после помещения измерительного сосуда в кожух. Если предельная температура фильтруемости пробы известна, допускается начинать определение в момент, когда проба охлаждена до температуры, которая выше предельной температуры фильтруемости не менее чем на 5ºС. В первом этапе охлаждения всегда надо применять баню с температурой минус 34ºС

Когда температура пробы достигнет соответствующей величины, устанавливают запорный кран, так чтобы фильтр был соединен с вакуумом, вызывая всасывание пробы топлива через фильтрационную сетку в пипетку, одновременно включают секундомер. Когда

топливо дойдет до метки на пипетке, останавливают секумендомер и устанавливают кран в начальном положении, чтобы проба могла стечь в измерительный сосуд.

Если время для засоса топлива до метки превышает 60 с, то определение прекращают и повторяют со свежей массой для испытания с более высокой температурой.

Операцию повторяют после каждого снижения температуры пробы на 1ºС до достижения температуры, при которой течение через фильтр прекращается, или пипетка не наполняется до метки в течение 60 с.

Записывают температуру начала последней фильтрации.

Если после охлаждения согласно выше описанному проба заполняет пипетку до метки не дольше 60 с, но не стекает обратно в измерительный сосуд после установления крана в первоначальном положении, то надо записать температуру начала фильтрации.

Если при температуре минус 20ºС не прекращается течение топлива через фильтр, дальнейшее охлаждение ведут в охлаждающей бане с температурой минус 51ºС или в соответственно переключенном холодильнике и повторяют операцию после каждого снижения температуры на 1ºС.

Изменяя баню, быстро переносят измерительный сосуд в новый кожух, помещенный во второй охлаждающей бане, или регулируя холодильник.

Протокол испытания

Регистрируют температуру, в начале последнего фильтрования с точностью до 1ºС как предельную температуру фильтруемости на холодном фильтре и делают ссылку на стандарт.

Просмотр результата.

В аппарате предусмотрена дополнительная функция сохранения результатов прошедших экспериментов на встроенном флеш-накопителе.

Для просмотра результатов экспериментов следует зайти в сервисное меню аппарата и выбрать пункт «результаты». При этом на дисплее откроется окно просмотра результатов эксперимента.

За результат определения принимают среднее арифметическое результатов двух последовательных определений, округленное до целого числа.

4. Методика определение температуры застывания

Цель работы: определить температуру застывания дизельного топлива А 0,2.

Ход работы: температуру застывания определяют по ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» по методу Б. Сущность метода заключается в предварительном нагревании образца испытуемого нефтепродукта с последующим охлаждением его с заданной скоростью до температуры , при которой образец остается неподвижным. Указанную температуру принимают за температуру застывания. На аппарате криотермостат жидкостной серии LOIPFT -011-80. Криотермостат – предназначен для точного воспроизведения и прддержания температуры как в собственных ваннах, так и во внешних системах с открытым или замкнутым контуром в диапазоне температур от Тн до 1000 ºС, где Тн – нижний предел диапазона задаваемых температур для соответствующей модели.

Аппаратура

Криотермостат, заглушки патрубков внешнего контура, кабель коммуникационный и термометр. (Рисунок 4.)

Рисунок 4. Внешний вид криотермостата.

Криотермостат состоит из модуля охлаждения и модуля терморегулирования. В модуле охлаждения размещаются рабочая ванна с крышкой и холодильный агрегат. Модуль охлаждения FT -011-80 выполнен в напольном исполнении. Имеет двухконтурный холодильный агрегат.

Порядок работы.

Перед началом работы проверяют уровень жидкости в рабочей ванне криотермостата. При допустимом уровне жидкости индикатор уровня рабочей жидкости должен быть зеленого цвета.

Включите модуль терморегулирования, затем модуль охлаждения при помощи выключателей электропитания

При необходимости откорректируйте заданное значение температуры

Дождитесь установления заданной температуры, контролируя текущее значение по показаниям индикатора.

Если был включен таймер (задано время отсчета, отличное от нуля) – криотермостат автоматически включает обратный отсчет при переходе из режима ожидания в рабочий режим. По окончании отсчета криотермостат автоматически переходит в режим ожидания.

Подготовка к испытанию

При наличии воды нефтепродукт обезвоживают. Значительное количество воды удаляют предварительным отстаиванием и последующим сливанием нефтепродукта.

Дальнейшая осушка продуктов достигается различно.

Легкоподвижные продукты взбалтывают периодически в течение 10 - 15 мин со свежепрокаленным и измельченным сульфатом натрия или хлористым кальцием, после чего отстаивают и фильтруют через сухой фильтр.

Вязкие нефтепродукты подогревают до температуры не выше 45°С и фильтруют через слои крупнокристаллической, свежепрокаленной поваренной соли. Для этого в стеклянную воронку вкладывают проволочную сетку или немного ваты и сверху насыпают соль. Сильно обводненные нефтепродукты фильтруют последовательно через две-три воронки.

Обезвоженный продукт наливают в сухую чистую стеклянную пробирку до метки так, чтобы он не растекался по стенкам пробирки. В пробирку при помощи корковой пробки плотно вставляют соответствующий термометр, укрепляя его так, чтобы он проходил по оси пробирки, а его резервуар находился на расстоянии 8 - 10 мм от дна пробирки. Для большей устойчивости термометра в его рабочем положении на нижнюю часть термометра (приблизительно на середине ее длины) надевают корковую пробку, пригнанную так, чтобы она входила в пробирку с небольшим трением.

Пробирку с продуктом и термометром помещают в водяную баню, нагретую предварительно до температуры (50 ±1)°С, и выдерживают до тех пор, пока продукт не примет температуру бани.

Проведение испытания

Пробирку с продуктом и термометром вынимают из водяной бани, насухо вытирают ее снаружи и укрепляют при помощи пробки в муфте так, чтобы ее стенки находились приблизительно на одинаковом расстоянии от стенок муфты. Пробирки с муфтой закрепляют в держателе штатива в вертикальном положении и оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока нефтепродукт не охладится до температуры (35 ± 5)°С, затем помещают его в сосуд с охлаждающей смесью, температуру которой предварительно устанавливают на 5°С ниже намеченной для определения температуры застывания.

Во время охлаждения продукта установленную температуру охлаждающей смеси поддерживают с погрешностью ± 1°С.

Когда продукт в пробирке примет температуру, намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении и течение 1 мин.

После этого пробирку с муфтой осторожно вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают муфту и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого продукта.

При определении температуры застывания ниже 0°С в муфту перед испытанием помещают 0,5-1,0 $см^3$ серной кислоты, олеума или любого другого осушителя.

Если мениск сместился, то пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до (50 ± 1)°С и проводят новое определение при температуре на 4°С ниже предыдущей до тех пор, пока при некоторой температуре мениск не перестанет смещаться. *Примечание*. Если температура, при которой проводилось определение, ниже минус 20°С, то перед новым определением для предохранения пробирки от повреждений вследствие сильных тепловых

воздействий пробирку с продуктом и термометром оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока продукт не примет температуру минус 20°С, и только после этого пробирку помещают в водяную баню.

Если мениск не сместился, то пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до (50 ± 1)°С, проводят новое определение застывания при температуре на 4°С выше предыдущей до тех пор, пока при некоторой температуре мениск будет смещаться.

После нахождения границы застывания (переход от подвижности к неподвижности или наоборот) определение повторяют, понижая или повышая температуру испытания на 2°С до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным, а при повторном испытании при температуре на 2°С выше он сдвигается. Эту температуру фиксируют, как установленную для данного опыта.

Для установления температуры застывания продукта проводят два определения, начиная второе определение с температуры на 2°С выше установленной при первом определении.

Обработка результатов

За температуру застывания испытуемого нефтепродукта принимают среднее арифметическое результатов двух определений.

Сходимость

Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными с 95%-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 2°С.

Воспроизводимость

Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными с 95%-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 8°С.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение эксплуатационного свойства автомобильного бензина.
2. Дайте определение эксплуатационного свойства дизельного топлива.
3. Что такое вязкость топлива.
4. Что такое плотность топлива.
5. Что такое предельная температура фильтруемости дизельного топлива.
6. Что такое температура застывания дизельного топлива.
7. Что такое температура помутнения дизельного топлива.

Лабораторная работа №3. Исследование топлив на ядерно-магнитном резонансном спектрометре

Цель работы: овладеть методикой работы на ядерно-магнитном резонансе.

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) основан на поглощении энергии переменного электромагнитного поля радиочастотного диапазона, находящегося в постоянном магнитном поле, веществом, содержащим атомы, ядра которых обладают магнитным моментом.

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) является распространенным аналитическим методом, находящим применение во многих областях современной науки, медицины и промышленности. Трудно переоценить роль ЯМР в фундаментальной и прикладной химии, в которых исследование любых систем, от простейших органических молекул до сложнейших макромолекулярных ансамблей, таких как белки, нуклеиновые кислоты и их комплексы, практически всегда базируются на данных, полученных при помощи спектроскопии ЯМР.

ЯМР (рисунок 1) представляет собой спектроскопический метод, основанный на изучении магнитных свойств атомных ядер. Некоторые ядра, при помещении в сильное магнитное поле, способны резонировать на характеристичных частотах в радиочастотном диапазоне электромагнитного спектра. Небольшие изменения указанной резонансной частоты предоставляют детальную информацию о молекулярной структуре исследуемых соединений. Возможность регистрации спектров ЯМР основана на существовании у некоторых ядер ненулевого спина (собственного момента количества движения). Спин представляет собой чисто квантовую характеристику ядра, однако во многих случаях с целью упрощения рассмотрения основных принципов ЯМР пользуются классической векторной моделью, в рамках которой считают, что при помещении ядра с полуцелым спином в магнитное поле B0 ядерный магнитный момент начинает прецессировать вокруг направления B0 при ориентации оси прецессии либо параллельно, либо антипараллельно B0. При этом частота прецессии зависит от типа ядра, помещенного в магнитное поле, и от индукции магнитного поля:

$$\upsilon_0 = \gamma \times B_0/2\pi \qquad (5)$$

Где: υ_0 –ларморова частота, γ – гиромагнитное отношение, которое является характеристичным для каждого ядра, B_0 – индукция магнитного поля.

Резонансная частота ядра не только является характеристикой природы ядра, но также (хотя и в значительно меньшей степени) зависит от положения атома в молекуле («химического окружения»). Это связано с тем, что электроны химической связи создают дополнительное небольшое магнитное поле, которое приводит к изменению эффективного магнитного поля на ядре. Действительно, ядро расположено в центре электронного облака и хорошо известно, что находящиеся неподалеку акцепторные и донорные группы могут изменять электронную плотность вокруг ядра. Это незначительное изменение, составляющее несколько миллионных долей от индукции основного магнитного поля, называется химическим сдвигом и представляет детальную информацию о структуре молекулы. Различные ядра, входящие в состав одной молекулы, могут быть идентифицированы по их химическим сдвигам на основе молекулярной симметрии и легко предсказуемых эффектов, оказываемых электроотрицательными атомами и ненасыщенными группами.

Химический сдвиг измеряют в миллионных долях ларморовой частоты ядра (м.д.) и обозначают греческой буквой дельта (δ). В качестве стандарта используют химический сдвиг тетраметилсилана (ТМС), химический сдвиг сигнала которого в спектрах ЯМР 1H, 13C и 29Si принимают за нуль:

$$\delta = \frac{\upsilon \text{ вещ} - \upsilon \text{тмс}}{\upsilon \text{тмс}} \qquad (6)$$

Таким образом, спектр ЯМР представляет собой график зависимости интенсивности поглощения радиочастотного излучения от его частоты.

В работе спектры образцов ДТ снимались на приборе ЯМР спектрометре высокого разрешения AVANCE III с рабочей частотой 400МГц Bruker. Данный прибор предоставляет широкие аналитические возможности для решения нестандартных задач, относящихся к физике и химии конденсированного состояния. Комплектация спектрометра позволяет измерять спектры ЯМР на ядрах 1H, 19F в диапазоне от 31P до 109Ag, а также работать при низких температурах и исследовать процессы диффузии в жидких средах в температурном диапазоне 170-470 K.

Рисунок 1. ЯМР спектрометр высокого разрешения AVANCEIII 400МГц

Основные характеристики прибора.
Bruker 400 MHzAvance III
Магнитное поле 11,74 Тл
Рабочая частота на ядрах 1H 400 МГц
Диаметр теплого отверстия 54 мм
Три независимых радиочастотных канала, широкополосные линейные усилители BLAX300 6-365 МГц, BLAH100 200-600 МГц, BLAXH2H300/100/150 200-600 МГц
Датчики
Двухканальный широкополосный датчик прямого наблюдения для растворов
Диаметр ампулы 5 мм
Селективный канал 1H
Широкополосный канал 31P-15N, 19F
Возможность наблюдения 19F с развязкой по 1H и наблюдения 1H с развязкой по 19F
Температурный диапазон: -150°C – +120°C
Двухканальный инверсный датчик для растворов
Диаметр ампулы 5 мм
Селективный канал 1H
Широкополосный канал 31P-109Ag
Температурный диапазон: -150°C – +120°C
Возможность проведения длительных низкотемпературных экспериментов до -150 °C
Двухканальный инверсный датчик для растворов
Диаметр ампулы 5 мм
Селективный канал 1H
Селективный канал 13C
Температурный диапазон: -150°C – +120°C

Контрольные вопросы

1. Что такое ЯМР-спектометрия.
2. Как проводится работа на ЯМР-спектометрии.
3. Техника безопасности при работе с ЯМР-спектометрией.

Библиографический список

1. Обельницкий А.М. и др. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости.– М.: ИПО «Полиграм», 1997. – 267 с.
2. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов.– М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
3. Химмотология: Учебник для вузов / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 367 с. 4.Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение/ Под ред. В.М. Школьникова. – М.: Химия, 1978. – 432 с.
5. Гнатченко И.И. и др. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2000. – 360 с. 6. Артемьенко А.И. Органическая химия: Учебн. для строит. спец. вузов. – 5-е изд., испр.– М.: Высш. шк., 2002. – 559 с.
7. Новоселов А.Л. и др. Совершенствование очистки отработавших газов дизелей на основе СВС - материалов. – Новосибирск: Наука, 2002. – 96 с. 8. Макушев Ю.П. Системы питания быстроходных дизелей: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – 181 с.
9. Макушев Ю.П. Лабораторный практикум по автомобильным эксплуатационным материалам: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 69 с. 10. ГОСТ 25371 - 97. Нефтепродукты. Методы расчета индекса вязкости.
10. Ишков, А.М. Математическая ритмология в работоспособности техники на Севере / А.М. Ишков – Я.: ЯНЦ СО РАН, 2000 г. – 320 с.
11. Ждановский, Н.С., Надежность и долговечность автотракторных двигателей/ Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко Л.: Колос, 1974. - 222с
12. Энглин, Б.А. Применение жидких топлив при низких температурах/ Б.А. Энглин – М.: Химия, 1980. – 208 с.
13. Башкатова, С.Т. Присадки к дизельным топливам / С.Т. Башкатова – М.: Химия, 1994. – 256 с.
14. Каминский, Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты./ Э.Ф. Каминский, В.А. Хавкин – М.: «Техника». ООО «ТУМАГРУПП», 2001. – 384 с.
15. Афанасьев, И.П., Производство зимнего дизельного топлива из нефтегазоконденсатной смеси методом каталитической депарафинизации / И.П. Афанасьев, С.З. Алексеев, М.Ф. Минхайров, А.В. Ишмурзин, Б.Л. Лебедев, В.А. Першин //Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. - №10. – С. 20 – 26
16. Савченков, А.Л. О распределении сложноэфирных присадок/ А.Л. Савченков, С.Г. Агаев // Химия и технология топлив и масел. – 1999. - №5. -С. 29 – 30.
17. Афанасьев, Л.Л. Проблемы надежности автомобилей/ Л.Л. Афанасьев // Надежность и диагностика агрегатов и систем автомобилей: Труды МАДИ – М.: Машиностроение, 1969 – Ч.4. – С.37-44
18. Литвинов, А.С. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Н. Фаробин Учебник для ВУЗов – М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
19. Литвинов, А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. /А.С. Литвинов – М.: Машиностроение, 1971 – 426 с.
20. Еремеев А.Н. Повышение надежности дизельных двигателей путем оптимизации регулировочных параметров топливной аппаратуры: дис. … канд.тех.наук: 05.20.03/ Еремеев Анатолий Николаевич – К.: 2007 г. 152 с.

21. Артемьев, Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве / Ю.Н. Артемьев – М.: Колос, 1981.-251 с.
22. Ждановский, Н.С., Надежность и долговечность автотракторных двигателей/ Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко Л.: Колос, 1974. - 222с
23. Баширов, Р.М. Надежность топливной аппаратуры тракторных и комбайновых дизелей. / Р.М. Баширов, В.Г. Кислов, В.А. Павлов, В.Я. Попов. М.: Машиностроение, 1978. – 184 с.
24. Апполонов И.В. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах. Т.7. Качество и надежность в технике /И.В. Апполонова. М.: Машиностроение, 1988. – 214 с.
25. Лыткин А.С. Повышение качества дизельных топлив пожарных и аварийно- спасательных автомобилей в чрезвычайных ситуациях для условий Крайнего Севера.: дис. … канд.техн.наук: 05.26.02. Лыткин Александр Сергеевич – С.-Петербург: 2004 г. – 164 с.
26. Акопов, В.А. Повышение надежности автомобильных двигателей. Ташкентский автомобильно-дорожный институт. / В.А. Акопов, В.JI. Строев. Т: ФАН, 1990.-136с
27. Белянин, Б. В. Технический анализ нефтепродуктов и газа / Б.В. Белянин, Эрих В. Н. — Л: Химия, 1975. — 335 с.
28. Барский, И. Б. Конструирование и расчет тракторов: учебник для вузов по спец. "Автомобили и тракторы" / И.Б. Барский. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 335 с. :
29. Бадыштова, Я.А. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справ. Изд./ К. М. Бадыштова, Я. А. Берштадт, Ш. К. Богданов и др.; Под ред. В. М. Школьникова. М.: Химия, 1989. – 432 с.
30. Сафонов, А.С., Автомобильные топливная: химмотология. Эксплуатационные свойства/ С.А. Сафонов, А.И. Ушаков – СПб: НПИКЦ, 2002. – 243 с.
31. Гуреев, А. А. Топлива для дизелей. Свойства и применение. А.А. Гуреев, В.С. Азев, Г.М. Камфер – М.: Химия, 1993. – 330 с.
32. ГОСТ 2177 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава.
33. Забрянский, Е.И., Детонационная стойкость и воспламеняемость моторных топлив / Забрянский Е.И., А.П. Зарубин – М.: Химия. 1965. – 213 с.
34. Папок, К.К. Моторные топлива, масла и жидкости / под ред. К. К. Папок, Е. Г. Семенидо – М.: Гостоптехиздат, 1953. – 204 с.
35. Кушниренко, К.Ф. Краткий справочник по горючему / К.Ф. Кушниренко – М.: 1989. - 303 с.
36. Чельцова, М.А. Синтез моторного топлива Сборник 2 / М.А. Чельцова – М.: 2010. – 235 с.
37. Гуреев, А.А Химмотология /А.А. Гуреев - М.:Химия, 2012. – 368 с.
38. Рыбак, Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов / Б.М. Рыбак – М.: 2010. – 800 с.

Иовлева Елизавета Лонгиновна

Автомобильные эксплуатационные материалы

Учебное пособие издано в авторской редакции

Сетевое издание

Главный редактор – Кирсанов К.А.

Ответственный за выпуск – Алимова Н.К.

Учебное издание

Системные требования:
операционная система Windows XP или новее, macOS 10.12 или новее, Linux.
Программное обеспечение для чтения файлов PDF.

Объем данных 1,9 Мб

Принято к публикации «08» апреля 2020 года

Режим доступа: https://izd-mn.com/PDF/07MNNPU20.pdf свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

ООО «Издательство «Мир науки»

«Publishing company «World of science», LLC

Адрес:

Юридический адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

Почтовый адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

https://izd-mn.com/

ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НА ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ