Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа №2 имени Антонины Ивановны Исаевой»

ХМАО-Югра, город Нефтеюганск

**Исследование эксплуатационных свойств моторных топлив**

Пестова Татьяна Михайловна

учитель биологии и химии

город Нефтеюганск

2023 год

**Содержание**

Введение

Глава I. Свойства и химмотологические требования моторных топлив

§1. Свойства автомобильных бензинов и нормативы качества

1.1. Свойства автомобильных бензинов

1.2. Компонентный состав

1.3. Нормативы качества и тенденции их изменения

§2. Свойства дизельного топлива и требования к их качеству

2.1.Свойства дизельных топлив для наземной техники

2.2.Современные и перспективные требования к качеству дизельных топлив. Ассортимент, качество и состав дизельных топлив

2.3.Современные и перспективные требования к дизельным топливам

2.4. Технологии для улучшения экологических и эксплуатационных характеристик дизельных топлив

Глава II. Методика определения качества моторных топлив

§1. Методики определения качества бензина

§2. Методики определения качества дизельного топлива

Глава III. Методические рекомендации по организации учебного курса «Химия нефтепродуктов» для химических специальностей

§1. Содержание учебной программы дисциплины «Химия нефтепродуктов»

§2. Тематика и методика проведения лабораторных работ по курсу «Химия нефтепродуктов»

Заключение

Библиография

**Введение**

Актуальность исследования

Стратегия развития России в области энергетики предусматривает увеличение объемов переработки нефти до 220-225 млн. т. в год. Значительную часть полученных нефтепродуктов планируется экспортировать, в том числе и в Западную Европу. Однако постоянное ужесточение экологических и качественных требований Европейского Союза к потребляемым нефтепродуктам может привести к сокращению экспортных возможностей нефтеперерабатывающей отрасли России.

В силу этого задача обеспечения мирового уровня качества выпускаемой продукции становится для отечественных НПЗ все более актуальной.

Жесткая многоступенчатая система контроля позволяет предлагать клиентам топливо «высокой пробы». Качество контролируется целым рядом проверок.

Цель исследования

Сравнительный анализ качества различных марок автомобильных и дизельных топлив.

Объект исследования

Моторные топлива различных марок, поставляемые нефтеперерабатывающим заводом.

Предмет исследования

Методики химического эксперимента по определению ряда показателей качества нефтепродукта с целью использования в практике высшей школы.

Гипотеза исследования

Если провести сравнительный анализ показателей качества различных марок моторных топлив, то можно определить лучшую из них по химмотологическим свойствам, а также разработать лабораторный практикум по курсу «Химия нефтепродуктов» для использования в практике высшей школе.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. На основе анализа научной, научно-популярной и специальной литературы рассмотреть общую характеристику нефтепродуктов, химмотологические требования, предъявляемые к качеству автомобильных и дизельных топлив.
2. Апробировать ряд химических прописей по определению показателей качества нефтепродуктов.
3. Разработать методические рекомендации по курсу «Химия нефтепродуктов» для использования в высшей школе.

Методы исследования:

1) анализ научной литературы; 2) химический анализ бензина и дизельного топлива; 3) сравнение характеристик различных марок бензина и дизельного топлива.

Теоретическая значимость и научная новизнаполученных в работе результатов заключается в определении лучших марок моторных топлив на основе сравнительного анализа их химмотологических свойств.

**Глава I. Свойства и химмотологические требования моторных топлив**

Глава посвящена рассмотрению химмотологических свойств бензина и дизельного топлива, современным перспективам развития качества, а также улучшению экологических и эксплуатационных характеристик моторных топлив.

**§1. Свойства автомобильных бензинов и нормативы качества**

**1.1. Свойства автомобильных бензинов**

Бензины предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры). Качество бензина определяется многими показателями, важнейшими эксплуатационными из которых являются: испаряемость, детонационная стойкость, фракционный состав.

**Детонационная стойкость**

Этот показатель характеризует способность автомобильных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя.

Процесс горения топлива в двигателе осуществляется по радикально-цепному механизму. 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. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя. [13]

Показателем детонационной стойкости автомобильных бензинов является октановое число, показывающее содержание изооктана (в % объема) в смеси с н-гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытуемому в стандартных условиях. В лабораторных условиях октановое число автомобильных бензинов и их компонентов определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65.

Склонность исследуемого топлива к детонации оценивается сравнением его с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Октановое число на установках определяется двумя методами: моторным (по ГОСТ 511-82) и исследовательским (по ГОСТ 8226-82). Методы отличаются условиями проведения испытаний. Испытания по моторному методу проводят при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем по исследовательскому. Поэтому октановое число, определенное моторным методом, обычно ниже октанового числа, определенного исследовательским методом.

Октановое число, полученное моторным методом, в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового форсированного режима. Октановое число, полученное исследовательским методом, больше характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды. Разницу между октановыми числами бензина, определенными двумя методами, называют чувствительностью бензина. [23]

Наибольшей чувствительностью (9-12 ед.) отличаются бензины каталитического крекинга и каталитического риформинга, содержащие непредельные и ароматические углеводороды. Менее чувствительны (1-2 ед.) к режиму работы двигателя алкилбензин и прямогонные бензины, состоящие из парафиновых и изопарафиновых углеводородов. Требования к детонационной стойкости бензинов зависят от конструктивных особенностей двигателя, определяющим среди которых является степень сжатия. Так как увеличение степени сжатия позволяет повысить эксплуатационные показатели и экономичность работы двигателя, оно является определяющим в развитии автомобилестроения.

Таким образом, прогресс в автомобилестроении приводит к постоянному повышению требований к детонационной стойкости применяемых бензинов.

Детонационная стойкость автомобильных бензинов определяется их углеводородным составом. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Самая низкая детонационная стойкость у парафиновых углеводородов нормального строения, причем она уменьшается с увеличением их молекулярной массы. Октановые числа бензинов каталитического риформинга зависят от жесткости режима процесса. При жестком режиме они достигают ОЧИ = 95-99 (исследовательский метод) и ОЧМ = 86-90 (моторный метод), при мягком режиме соответственно 83-85 и 74-79. Бензины термических процессов (крекинга, коксования) содержат до 60% олефиновых углеводородов и по детонационной стойкости превосходят прямогонные бензины: ОЧИ = 68-75, ОЧМ = 62-69. Бензины каталитического крекинга помимо олефиновых углеводородов содержат ароматические и изопарафиновые углеводороды. Их детонационная стойкость выше, чем бензинов, получаемых термическими процессами. [23]

Учитывая постоянно возрастающие требования к уровню детонационной стойкости товарных бензинов, размеры необходимых вложений также увеличиваются. Самым дешевым и до недавнего времени наиболее распространенным способом повышения детонационной стойкости товарных бензинов было добавление к ним алкилсвинцовых антидетонаторов, в частности тетраэтилсвинец (ТЭС) или тетраметилсвинца в виде этиловой жидкости.

Бензины, в которые добавлена этиловая жидкость, называют этилированными. С 1 июля 2003 года, согласно закону, принятому Госдумой РФ, в России запрещаются производство и оборот этилированного бензина. Алкилсвинцовые антидетонаторы так же, как и продукты их сгорания, высоко токсичны. Помимо высокой токсичности, применение этилированных бензинов препятствовало широкому использованию на автомобилях катализаторов дожига отработавших газов, так как продукты сгорания свинца отравляют катализатор. [23]

В качестве альтернативы алкилсвинцовым антидетонаторам для повышения детонационной стойкости автомобильных бензинов в России допущены и используются при производстве бензинов органические соединения марганца, железа, ароматические амины. Антидетонаторы на основе органических соединений марганца или железа менее токсичны, не вредят работе каталитических систем нейтрализации, но при их использовании возникают серьезные проблемы, связанные с отложениями оксидов марганца или железа в камере сгорания, на поверхностях клапанов, свечей сжигания. Это приводит к нарушению работы свечей, перегреву и коррозии выпускных клапанов, поверхностному (калильному) воспламенению топлива и, в итоге, к ухудшению мощностных и экономических характеристик двигателя, преждевременному его износу. Широкое распространение в России и за рубежом при производстве высокооктановых бензинов получил метилтретбутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ имеет октановые числа смешения: 115-135 по исследовательскому методу и 98-110 по моторному. Способность бензинов к повышению детонационной стойкости при добавлении антидетонаторов называют приемистостью. [12]

**Фракционный состав**

Фракционный состав наряду с детонационной стойкостью является одним из важнейших показателей качества автомобильных бензинов. От него зависят легкий и надежный пуск двигателя, длительность прогрева, приемистость автомобиля, износостойкость двигателя и другие эксплуатационные показатели.

Фракционный состав бензинов определяется перегонкой в стандартизованных условиях на специальном приборе и характеризуется температурой перегонки 10,50,90% бензина и концом его кипения. Автомобильные бензины выкипают в пределах 35—205°С и имеют давление насыщенных паров от 500 до 700мм.рт.ст. Требования к фракционному составу бензина зависят от климатических условий. [3]

Количество легких фракций определяет пусковые свойства бензина, а также возможность появления в системе питания паровых пробок. Бензины, предназначенные для южных районов и применения в летних условиях, должны иметь более тяжелый фракционный состав и более низкое давление насыщенных паров. Для северных районов и применения в зимних условиях нужно вырабатывать бензины более легкого фракционного состава с большим давлением насыщенных паров. Поэтому выпускают сезонные летние и зимние автомобильные бензины*.*

Количество легких и средних фракций бензина определяет скорость прогрева двигателя и динамику разгона автомобиля. Эти показатели характеризуются температурой выкипания 50% бензина, которая для северных бензинов не должна быть выше 90°С, для зимних условий не выше 100°С и для летних не выше 110°С.

Наличие в бензине тяжелых фракций влияет на износостойкость двигателя. Полнота испарения бензина в двигателе характеризуется температурами перегонки 90% бензина и конца его кипения. При высоких значениях этих температур бензин не успевает полностью испариться во впускном трубопроводе двигателя и поступает в цилиндры двигателя в жидком виде. В результате с трущихся поверхностей смывается смазка и усиливается износ деталей. Кроме того, поскольку плохо испарившееся топливо медленно и недостаточно полно сгорает, повышается нагарообразование в камере сгорания двигателя. [8]

Химическая стабильность характеризуется способностью бензина противостоять химическим изменениям при хранении, транспортировании и применении. Химическую стабильность проверяют длительностью индукционного периода по ГОСТ 19121-73. Чем больше индукционный период бензина, тем выше его стабильность. Индукционный период автомобильных бензинов в зависимости от марки бензина должен быть не менее 450—900 мин.

Химическая стабильность бензина зависит от состава и строения содержащихся в нем углеводородов, от количества и характера неуглеродных примесей, а также от эффективности добавленных антиокислительных присадок.

К этилированным и неэтилированным автомобильным бензинам, содержащим продукты вторичного происхождения, для повышения стабильности добавляют стабилизаторы (антиокислители): древесно-смоляной антиокислитель прямой перегонки (ГОСТ3181—67), антиокислитель ФЧ-16 (ТУ 38 1139— 67), а также ***п***-окси-дифениламин.

Важным показателем стабильности бензина является содержание в нем фактических смол. В зависимости от марки бензина фактических смол на месте производства должно быть не более 6-7 мг/100 мл и на месте потребления - не более 7-15 мг/100 мл. [12]

Допустимые сроки хранения автомобильных бензинов указаны в табл.1.

Таблица 1

Допустимые сроки хранения автомобильных бензинов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Срок хранения (месяцы) в климатических зонах | | |
| Место хранения | северной | средней | южной |
| В наземных резервуарах | 30 | 24 | 12 |
| В полузаглубленных и заглубленных резервуарах | 36 | 30 | 18 |
| В заглубленных резервуарах \* | 36 | 36 | 24 |
| В бочках | 24 | 12 | 6 |
| В наземных резервуарах емкостью |  |  |  |
| более 5000 т \* |  |  |  |
| бензин А- 80 | 18 | 18 | 6\*\* |
| бензин А-92 и  А-96 | 30 | 30 | 15 |
| В баках автомобилей | 6 | 6/3\*\*\* | 3 |

**\* Ведомственные сроки**

**\*\* В резервуарах с газоуравнительной системой срок хранения может составлять 18 месяцев**

**\*\*\* 6 месяцев—срок хранения в осенне-зимний период, 3 месяца-в весенне-летний**

Содержание серы является важным показателем качества бензина. При повышенном содержании серы резко ухудшаются эксплуатационные свойства автомобильного бензина. Активные зернистые соединения представляют собой весьма сильные корродирующие агенты, их присутствие в бензинах недопустимо. Полноту удаления активных сернистых соединений в бензинах проверяют анализом на медной пластинке. [23]

Неактивные сернистые соединения в бензине не вызывают коррозии топливной системы двигателя, емкостей и трубопроводов; однако в процессе сгорания топлива они образуют сильно корродирующие продукты сгорания.

В автомобильных бензинах нормируется общее содержание серы, вне зависимости от содержания отдельных классов сероорганических соединений. Такое суммарное нормирование сернистых соединений обусловлено образованием при их сгорании SO2 и SО3, которые и вызывают коррозию деталей автомобильного двигателя. Применение сернистых автомобильных бензинов приводит к сокращению ресурса работы двигателей в результате быстрого износа основных деталей, а также к снижению его мощностных и экономических показателей.

В автомобильных бензинах в зависимости от марки допускается содержание серы не более 0,10—0,15%. Бензины должны быть химически нейтральными - не содержать водорастворимых кислот и щелочей, кислотность их должна быть не более 3 мг КОН/100 мл. Кроме того, бензины не должны содержать механических примесей и воды. [23]

**Испаряемость**

Для обеспечения полного сгорания топлива в двигателе его необходимо перевести в короткий промежуток времени из жидкого состояния в парообразное и смешать с воздухом в определенном соотношении - 1:14, т.е. создать рабочую смесь. В зависимости от конструкции двигателя возможны различные способы образования рабочей смеси.

К физико-химическим показателям, от которых зависит испаряемость бензинов, относят давление насыщенных паров, фракционный состав, скрытую теплоту испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, плотность. Из перечисленных показателей важнейшими, определяющими испаряемость бензинов, являются давление насыщенных паров и фракционный состав. Эти два параметра определяют пусковые свойства бензинов, их склонность к образованию паровых пробок, физическую стабильность. Давление насыщенных паров зависит от температуры и от соотношения паровой и жидкой фаз и уменьшается с уменьшением температуры и увеличением отношения паровой фазы к жидкой. В лабораторных условиях давление насыщенных паров определяют при температуре 37,8°С и соотношении паровой и жидкой фаз (3,8-4,2):1 в бомбе «Рейда» (ГОСТ 1756-52) или аппарате с механическим диспергированием типа «Вихрь» (ГОСТ 28781-90). Фракционный состав бензинов определяют перегонкой на специальном приборе, при этом отмечают температуру начала перегонки, температуру выпаривания 10, 50, 90% фракции и конца кипения, или объем выпаривания при 70, 100 и 180°С. [8]

Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров бензинов определяются конструкцией автомобильного двигателя и климатическими условиями его эксплуатации. С одной стороны, необходимо обеспечить запуск двигателя при низких температурах, с другой стороны - предотвратить нарушения в работе двигателя, связанные с образованием паровых пробок при высоких температурах. Пусковые свойства бензина зависят от содержания в нем легких фракций, которое может быть определено по давлению насыщенных паров и температуре перегонки 10% фракций или объему легких фракций, выкипающих при температуре до 70°С. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя.

Пусковые свойства бензинов ухудшаются с понижением давления их насыщенных паров, причем при давлении 34 кПа концентрация паров бензина в рабочей зоне настолько мала, что запуск двигателя становится невозможным. Поэтому предусматривают ограничение не только верхнего, но и нижнего уровня давления насыщенных паров. Однако чрезмерное содержание низкокипящих фракций в составе бензинов может вызвать неполадки в работе прогретого двигателя, связанные с образованием паровых пробок в системе топливоподачи. [9]

Причиной образования паровых пробок в автомобильном двигателе является интенсивное испарение топлива вследствие его перегрева. В условиях жаркого климата это явление может иметь массовый характер. Образование паровых пробок зависит от испаряемости бензина, температуры и конструкции двигателя. Чем выше давление насыщенных паров бензина, ниже температуры начала кипения и перегонки 10% и большего объема фракции, выкипающей при температуре до 70°С, тем больше его склонность к образованию паровых пробок. От содержания в бензине легкокипящих фракций зависит его физическая стабильность, т.е. склонность к потерям от испарения.

Наибольшие потери от испарения имеют бензины, содержащие в своем составе низкокипящие углеводороды: бутаны, изопентан. От фракционного состава зависят такие показатели как скорость прогрева двигателя, его приемистость, износ цилиндра - поршневой группы. Наиболее существенное влияние на скорость прогрева двигателя, его приемистость оказывает температура перегонки 50% бензина. Температура выкипания 90% бензина также влияет на эти характеристики, но в меньшей степени. Скорость прогрева двигателя, его приемистость зависят и от температуры окружающего воздуха. Чем ниже температура воздуха, тем ниже должна быть температура перегонки 50% бензина для обеспечения быстрого прогрева и хорошей приемистости двигателя. [2]

Для нормальной работы двигателя большое значение имеет полнота испарения топлива, которая характеризуется температурой перегонки 90% бензина и температурой конца кипения. При неполном испарении бензина во впускной системе часть его может поступать в камеру сгорания в жидком виде, смывая масло со стенок цилиндров. Жидкая пленка через зазоры поршневых колец может проникать в картер, при этом происходит разжижение масла. [9]

**1.2. Компонентный состав**

Современные товарные автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов переработки нефти. В зависимости от марки автомобильные бензины готовят на основе бензинов прямой перегонки каталитического крекинга и каталитического риформинга с вовлечением в качестве компонентов бензина термического крекинга, коксования (для низкооктановых бензинов), алкилбензина, изопентана, толуола (для высокооктановых бензинов). В товарные автомобильные бензины вовлекают также легкие компоненты, получаемые при нефтепереработке - бутан, бутан-бутиленовую и пентан - амиленовую фракции, газовый бензин и др.

Компонентный состав низкооктановых автомобильных бензинов весьма разнообразен и зависит от наличия технологических установок на данном заводе. Компонентный состав высокооктановых автомобильных бензинов достаточно постоянен; углеводородный же состав зависит, от технологического процесса и качества перерабатываемой нефти. [29]

**Бензины прямой перегонки** из восточных нефтей с температурой конца кипения 180—200°С имеют низкие октановые числа — от 43 до 53. В таких бензинах содержится 3—10% ароматических углеводородов, 12—30% нафтенов, 60—80% парафинов (нормальных) и 1—2% олефинов. Содержание серы достигает 0,2%. Бензины прямой перегонки высокостабильны и содержат мало фактических смол. При снижении температуры конца кипения бензины прямой перегонки из малосернистых нефтей (типа бакинских, майкопских, эхабинских) обладают большей детонационной стойкостью, чем бензины восточных нефтей, и почти не содержат серы. Их октановое число равно 60 – 66.

Низкооктановые бензины прямой перегонки характеризуются высокой приемистостью к тетраэтилсвинцу (ТЭС). Чем ниже исходное октановое число бензина, тем выше его приемистость к ТЭС. В табл. 2 приводятся данные о детонационной стойкости компонентов автомобильного бензина прямой перегонки.

Таблица 2

Детонационная стойкость компонентов автомобильного бензина прямой перегонки из нефтей типа ромашкинской

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Октановое число | | | |
| Компонент | моторный метод | | исследовательский метод | |
|  | без ТЭС | с 0,82г. ТЭС на 1кг | без ТЭС | с 0,82г ТЭС на 1кг |
| Н. к. - 200 °С. | 41 | 57 | 41 | 56 |
| Н.к.- 180 °С | 46 | 61 | 46 | 60 |
| Н.к - 120°С | 58 | 72 | 58 | 73 |
| Н.к. - 85 °С | 68 | 80 | 68 | 79 |
| Н.к. - 65°С | 75-77 | 89-91 | 75-78 | 90-91 |

С развитием каталитического риформинга доля бензинов прямой перегонки в производстве автомобильных бензинов уменьшается.

**Бензины термического крекинга** обладают более высокой детонационной стойкостью, чем бензины прямой перегонки. Их вырабатывают из тяжелых остатков переработки нефти (мазуты прямой перегонки, гудроны). Октановые числа бензинов термического крекинга в зависимости от качества сырья и температурного режима крекинга находятся в пределах 64-70. Большим октановым числом характеризуются бензины термического крекинга, получаемые из нафтеновых нефтей, меньшим - получаемые из парафинистых нефтей. [19]

Бензины термического крекинга содержат большое количество олефинов; поэтому они химически нестабильны. При хранении и транспортировании под действием температуры и кислорода воздуха такие бензины легко окисляются с образованием смолистых веществ, наличие которых вызывает понижение октанового числа бензина.

Смешением бензинов термического крекинга и прямой перегонки можно повысить октановое число низкооктановых бензинов прямой перегонки и увеличить стабильность бензинов термического крекинга. Снижение температуры конца кипения бензинов термического крекинга значительно меньше влияет на повышение их октанового числа, чем бензинов прямой перегонки. Содержание серы в них достигает 0,3-0,4%. Приемистость бензинов термического крекинга к ТЭС ниже, чем бензинов прямой перегонки. [25]

**Бензины каталитического крекинга** получают в одну ступень из легкого сырья (керосино - газойлевой фракции прямой перегонки) и из тяжелого дистиллятного сырья (вакуумного газойля 320-480 °С). Октановое число бензинов каталитического крекинга достаточно высокое: 75-80 по моторному методу и 80-94 по исследовательскому.

В бензинах каталитического крекинга содержится 16-20% ароматических углеводородов и от 20 до 60% олефиновых углеводородов. Поэтому бензины одноступенчатого каталитического крекинга характеризуются пониженной химической стабильностью и так же, как и в бензины термического крекинга, в них необходимо добавлять антиокислитель. [14]

С увеличением содержания ароматических и олефиновых углеводородов октановое число бензина повышается, особенно приопределении его исследовательским методом. Понижение температуры конца кипения бензинов каталитического крекинга маловлияет на изменение октанового числа. Содержание серы достигает 0,3%. Приемистость бензинов одноступенчатого каталитического крекинга невелика - при добавлении 0,82г ТЭС на 1 кгбензина она составляет 3-5 единиц.

**Бензины каталитического риформинга** получаютоблагораживанием низкооктановых бензинов прямой перегонки (фракции 62-180°С). В этих бензинах содержится большое количество ароматических и изопарафиновых углеводородов и практически не содержится олефинов. Поэтому при хранении и транспортировании бензины каталитического риформинга высокостабильны. Содержание серы и фактических смол в них незначительно. Детонационная стойкость бензинов каталитического риформингазависит от содержания в них ароматических углеводородов; при

мягком режиме каталитического риформинга их содержится 35- 42%. При таком режиме октановое число риформата по моторному методу 74-77, по исследовательскому методу 78-81. [24]

При жестком режиме каталитического риформинга содержание ароматических углеводородов достигает 60—70% и октановое число по моторному методу повышается до 84—86, по исследовательскому — до 94 - 96. При понижении температуры конца кипения бензинов каталитического риформинга, в особенности жесткого режима, их детонационная стойкость понижается. Приемистость к ТЭС для бензинов каталитического риформинга при добавлении 0,82г ТЭС на 1кг бензина 5—6 единиц. Благодаря высокой детонационной стойкости и стабильности, а также незначительному содержанию серы и смол, бензины каталитического риформинга являются наилучшими базовыми бензинами для производства автомобильных бензинов. [24]

**Алкилбензин** (алкилат) получают каталитическим алкилированием изобутана бутиленами. Алкилат состоит из изопарафиновых углеводородов, октановые числа его по моторному и исследовательскому методам составляют 89 - 92 единицы; чувствительность алкилбензина Т—2 единицы, приемистость к ТЭС при добавлении 0,82 г ТЭС на 1 кг бензина — 8 - 10 единиц. По антидетонационным свойствам и физико-химическим показателям алкилат является наилучшим компонентом для высокооктановых автомобильных бензинов.

Детонационная стойкость компонентов бензинов приведена в табл. 3

Таблица 3

Детонационная стойкость компонентов бензинов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Октановое число | | | |
| Бензин | моторный метод | | исследовательский метод | |
|  | без ТЭС | С 0,82г ТЭС на 1кг | Без ТЭС | с 0,82г ТЭС на 1кг |
| Термического крекинга Каталитического крекинга | 67-70  74-80 | 72-74  79-84 | 70-76  80-94 | 78-82  87-97 |
| Каталитического риформинга мягкого режима | 75-76 | 85-86 | 74-80 | 89-90 |
| Жесткого режима Алкилбензин | 83-85  89-91 | 89-91  99-101 | 93-95  91-93 | 98-100  99-102 |
| Изопентан | 87,6 | 97 | 91,7 | 100 |

Для обеспечения безопасности и удобства применения этилированные автомобильные бензины окрашивают (согласно ГОСТ 2084 – 67) в различные цвета. Бензин А-80 окрашивают в зеленый цвет добавлением 5 мг/кг жирорастворимого зеленого 6Ж. Бензин АИ-93 окрашивают в синий цвет, вводя в него 5 мг/кг бензина жирорастворимого ярко – синего антрахинонового. [24]

**1**.**3. Нормативы качества и тенденции их изменения**

Качество бензина начинается с качества нефти. Наиболее важными с практической точки зрения являются: плотность нефти, фракционный состав, содержание серы в нефти, содержание парафинов, содержание воды, содержание солей в нефти. Но это скорее вопросы особенностей переработки нефти и использования современных технологий.

Прямогонный бензин, получаемый при первичной переработке нефти является лишь сырьем для производства качественного бензина с заданными свойствами. Октановое число такого сырья обычно не превышает 65. Только благодаря процессу компаундирования (смешивания) с другими легкими фракциями удается повысить октановое число. На заводах допускается лишь незначительное (до 0,3%) добавление присадок, повышающих октановое число до требуемых значений. Это вполне оправдано, т.к. длительное хранение бензина с ненормированным добавлением присадок обязательно приводит к значительному снижению октанового числа. Но если качественный бензин изменяется со скоростью не более единицы в месяц, то некачественный бензин может изменить октановое число на единицу в день.

Качество бензина определяется также загрязнением механическими примесями, различными кислотами, щелочами, органическими соединениями, соединениями серы. Они влияют на такие важные параметры, как детонация, интенсивность износа двигателя, образование нагара, коррозионное воздействие на двигатель, токсичность выбросов и т.д. [32]

В России реально работает норматив Евро-3, реализованный введением нового ГОСТ от 01.07.2002. Он предъявляет множество конкретных требований к качеству бензина:

содержание свинца – до 0,005 г/л,

содержание серы – менее 0,015% ,

содержание бензола – до 1%,

содержание ароматических углеводородов – не более 42%,

содержание олефиновых углеводородов – не более 18%.

В скором времени будет осуществляться переход на еще более жесткие требования Евро-4, которыми снижается количество ароматических углеводородов до 35% и серы до 0,005%.

Эти мероприятия направлены не только на улучшение экологических параметров топлива. Чем чище бензин от примесей, тем мощнее, экономичнее и долговечнее двигатель. [32]

Как делается некачественный бензин? Самый простой вариант, доступный почти на любой бензозаправке – доведение октанового числа до необходимого значения присадками, не дающими детонировать низкосортному бензину, а не натуральными компонентами высокооктанового бензина. Так из 76-го бензина делают 92-й, а из 92-го делают 95-й. Цена бензина повышается, а если автомобиль скушает бензин быстро, то при редком использовании это почти не скажется на его здоровье. Чем новее автомобиль, тем он чувствительнее к качеству бензина, а изменение октанового числа при значительном количестве присадок может быть слишком быстрым.

Второй вариант – переделка сырья «на месте». Дело в том, что прямогонный бензин как сырье для производства автомобильных бензинов не облагается акцизом. Поэтому велик соблазн добавления присадок непосредственно в сырье. Это вариант еще опаснее предыдущего, т.к. качественный и количественный состав такого бензина еще более подвержен отклонениям от требований норм. Существуют и совершенно иные марки бензинов, которые не предусмотрены ГОСТом, но востребованы рынком: ББЦ (бензин для бытовых целей), абсорбент, олигомеризат, бензин вторичных процессов производства, БПЦ (бензин для промышленных целей) и некоторые другие. Как эти марки бензинов используют «пираты» в своих корыстных целях – остается только догадываться. [32]

Необходимо учитывать и тот факт, что соответствующий ГОСТу бензин подвержен изменениям. При длительном хранении его качество снижается. Слегка уменьшается октановое число и возрастает количество смол за счет окисления имеющихся углеводородов. Смолы оседают на различных деталях: воздействуют на стержни впускных клапанов, детали карбюратора, внутренние стенки топливного бака и т. д. Это нарушает нормальную работу автомобиля и ускоряет его износ. Окисление усиливается в присутствии меди (например, в бензобаке, заборной трубке, фильтре). Важна герметичность бака или канистры и даже время года (летом окисление идет быстрее).

Из всего этого можно пока сделать только один вывод: в условиях формирования рынка хорошего бензина больше шансов избежать приобретения суррогата будет только на проверенных заправках, которые не попадали в списки неблагонадежных (например, периодически публикуемых в «Новых Известиях» и других изданиях), имеют знаки качества «экотопливо» и устойчивую репутацию у клиентов. [32]

Приборы для определения качества бензина, дт:

октанометры SHATOX, приборы для анализа качества нефтепродуктов; октанометр ПЭ – 7300 (измеряет октановое и цетановое число, коэффициент AKI); анализатор вспышки в закрытом тигле ПЭ-ТВЗ (температура вспышки); измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов ПЭ-72. [33]

Основная масса автомобильных бензинов для реализации в России вырабатывается по ГОСТ 2084 или ТУ 38.001165. В зависимости от октанового числа выпускают по ГОСТ 2084 марки бензинов Аи-95, а по ТУ 38.001165 - марки Аи-80, Аи-92 или Аи-96. Требования, устанавливаемые этими и другими документами, эволюционируют в соответствии с общемировой тенденцией изменения качества бензинов. В основном эти изменения отражают выполнение экологических требований (снижение содержания свинца, серы, бензола, ароматических и олефиновых углеводородов) и требований автомобилестроителей по улучшению важнейших эксплуатационных свойств топлива (повышение октанового числа, оптимизация испаряемости бензинов по давлению насыщенных паров и фракционному составу). [32]

Отражением этой тенденции является исключение в ТУ 38.001165 всех марок этилированных бензинов и появление норматива по бензолу – «не более 5% объёма», снижение нормы по сере до «не более 0,05 массовых %», введение нижнего ограничивающего требования к давлению насыщенных паров «не ниже 35 кПа». С 01.01.99 г. на территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51105-97 «Бензины автомобильные неэтилированные», который практически полностью соответствует требованиям на Европейские бензины, изложенные в стандарте EN 228 в редакции до 2000г. и соответствующие эколого-санитарным требованиям Евро-2. ГОСТ Р 51105-97 содержит требования на четыре сорта автомобильных бензинов: Нормаль-80, Регуляр-92, Премиум-95 и Супер-98 (все неэтилированные с содержанием свинца не более 0,01 г/л).

Некоторые нефтяные компании производят бензины по новому ГОСТу, однако этого не очень заметно по маркировке колонок на АЗС, где пока не введено новых обозначений марок бензинов, хотя на некоторых уже встречается маркировка колонок на Супер-98. Это связано с пока еще небольшой долей бензинов, выпускаемых по ГОСТ Р 51105. С 01.08.99 г. введен в действие стандарт Ассоциации автомобильных инженеров РФ СТО ААИ 007-98 «Бензины автомобильные. Технические требования». Стандарт имеет статус рекомендательного и по основным показателям идентичен ГОСТ Р 51105-97. Стандарт ААИ содержит дополнительные требования к бензинам по образованию отложений на впускных клапанах, а также по влиянию бензинов на отложения и износ деталей двигателей. Отличается новый стандарт и маркировкой бензинов: Нормаль-80, Регуляр-91, Регуляр-92, Супер-95 и Супер-плюс-98, что соответствует Европейской маркировке бензинов. [32]

В России с 01.07.00 г. был введен новый стандарт на автомобильные бензины (ГОСТ Р51313-99), который устанавливает минимальные требования к бензинам, обязательные к исполнению независимо от того, по каким документам они выпускаются. В качестве обязательных должны соблюдаться нормативы по октановым числам, бензолу «не более 5% объёма», содержанию серы «не более 0,05-0,10 массовых %» для разных марок и т.п. С 1 июля 2000 года все бензины, выпускаемые по техническим условиям, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51313-99. Соответствие бензинов, выпускаемых по техническим условиям, требованиям ГОСТ Р 51313-99 проверяется при сертификации бензинов, которая является обязательной. [32]

**§2. Свойства дизельного топлива и требования к их качеству**

* 1. **Свойства дизельных топлив для наземной техники**

Дизельное топливо предназначено для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Условия смесеобразования и воспламенения топлива в дизелях отличаются от таковых в карбюраторных двигателях. Преимуществом первых является возможность осуществления высокой степени сжатия (до 18 в быстроходных дизелях), вследствие чего удельный расход топлива в них на 25—30%ниже, чем в карбюраторных двигателях. В то же время дизели отличаются большей сложностью в изготовлении, большими габаритами. По экономичности и надежности работы дизели успешно конкурируют с карбюраторными двигателями.

Основные эксплуатационные показатели дизельного топлива:

*цетановое число,* определяющее высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя;

*фракционный состав,* определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработавших газов двигателя;

*вязкость и плотность,* обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования;

*низкотемпературные свойства,* определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды и условия хранения топлива;

*степень чистоты,* характеризующая надежность работы фильтров грубой и тонкой очистки и цилиндропоршневой группы двигателя;

*температура вспышки,* определяющая условия безопасности применения топлива в дизелях;

*наличие сернистых соединений, непредельных углеводородов и метал­лов,* характеризующее нагарообразование, коррозию и износ. [10]

**Самовоспламеняемость (цетановое число)**

**Цетановое число** — основной показатель воспламеняемости дизельного топлива. Оно определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработавших газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления и тем менее жестко работает двигатель. Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью (менее 0,5 МПа/ПВК), ухудшается его экономичность в среднем на 0,2—0,3% и дымность отработавших газов на единицу цетанового числа повышается на 1—1,5 единицы Хартриджа.

Чем выше цетановое число топлива, тем быстрее произойдут процессы предварительного окисления его в камере сгорания, тем скорее воспламенится смесь и запустится двигатель. Ниже приведены данные по влиянию цетанового числа на время запуска двигателя:

Цетановое число 53 38

Время запуска, с 3 45-50

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы оно повышается, а по мере разветвления — снижается. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов, не имеющих боковых цепей; ароматические углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие цетановые числа и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими цетановыми числами, чем соответствующие им по строению парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают не­высокими цетановыми числами, но большими, чем ароматические углеводороды. Чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций цетановое число может снижаться, что объясняется их углеводородным составом. [10]

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, вырабатываемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями:

Марка дизельного топлива Л 3(-35°С) 3(-45°С) А

Цетановое число 47-51 45-49 42 38-40

Применение топлив с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя, а более 50 — к увеличению удельного расхода топлива вследствие уменьшения полноты сгорания. Летом можно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска Двигателя — с цетановым числом не менее 45. Цетановое число и низкотемпературные свойства топлива — это взаимосвязанные величины: чем лучше низкотемпературные свойства топлива, тем ниже его цетановое число. Так, топлива с температурой застывания ниже -45°С характеризуются цетановым числом около 40.

Хорошие низкотемпературные свойства достигаются нескольки­ми способами: существенным облегчением фракционного состава (температура конца кипения 300—320°С вместо 360°С), проведением депарафинизации топлива (извлечение н-парафиновых углеводородов), переработкой нафтено-ароматических нефтей с малым содержанием н-парафиновых углеводородов.

Установление оптимальных цетановых чисел имеет большое практическое значение, поскольку с углублением переработки нефти в состав дизельного топлива будут вовлекаться легкие газойли каталитического крекинга, коксования и фракции, обладающие относительно низкими цетановыми числами. Бензиновые фракции также имеют низкие цетановые числа, и добавление их в дизельное топливо всегда заметно снижает цетановое число последнего. Европейским стандартом на дизельное топливо установлен нижний предел цетанового числа — 48 единиц. [10]

**Испаряемость (фракционный состав)**

Характер процесса горения топлива в двигателе определяется двумя основными показателями — фракционным составом и цетановым числом. На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воздуха, при этом благодаря уменьшению времени, необходимого для образования топливовоздушной смеси, процессы смесеобразования протекают более полно.

Облегчение фракционного состава топлива, например, при добавке к нему бензиновой фракции, может привести к жесткой работе двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала. Это объясняется тем, что к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива, и горение сопровождается чрезмерным повышением давления и стуками в двигателе.

Влияние фракционного состава топлива для двигателей различных  
типов неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихрекамерньм 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. Наддув двигателя, создающий повышенный термический режим камеры сгорания, обеспечивает возможность нормальной работы на топливах утяжеленного фракционного состава.

Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения 200—225°С в 9 раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285°С. [18]

При испытаниях дизельного топлива утяжеленного фракционного состава с температурой конца кипения на 30°С выше, чем у стандартного летнего топлива, отмечен повышенный расход топлива в среднем на 3% и увеличение дымности отработавших газов в среднем на 10%. Одной из основных причин повышения расхода топлива является более высокая вязкость топлива утяжеленного фракционного состава.

Расход топлива зависит не только от температуры конца его кипения, но и от 50 %-ной точки перегонки.

Для летних дизельных топлив, полученных перегонкой нефти, 50%-ная точка выкипания находится в пределах 260-280°С (наиболее типичные значения 270—280°С), для зимних марок дизельных топлив она составляет 240-260 °С. [18]

**Вязкость**

Определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле, так как от них зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель, дальность проникновения капель топлива в камеру сгорания. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива; с повышением указанных показателей качества увеличивается диаметр капель и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработавших газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топ­лива через зазоры плунжерных пар. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. Ниже приведена зависимость подачи топлива насосом от температуры топлива: [25]

Температура топлива, °С +10 -30 -40 -50

Подача насоса, кг/ч 850 830 810 300

При уменьшении вязкости количество дизельного топлива, просачивающегося между плунжером и втулкой, возрастает, в результате снижается подача насоса. Перевод двигателя на топливо с меньшей плотностью и вязкостью может привести к прогару головок поршня, в связи с чем требуется регулировка топливной аппаратуры. При работе топливной аппаратуры на газоконденсатном дизельном топливе без регулировки топливной аппаратуры происходит уменьшение цикловой подачи топлива до 1% и снижение максимального давления топлива в трубопроводе высокого давления на 10—15%. Период задержки впрыска увеличивается на 2—4° поворота коленчатого вала.

Понижение цикловой подачи связано с уменьшением подачи топливного насоса высокого давления вследствие уменьшения плотности и увеличения утечки менее вязкого газоконденсатного топлива.

Увеличение задержки впрыска топлива вызвано его большой сжимаемостью; чтобы получить цикловую подачу газоконденсатного топлива, достаточно увеличить ход рейки топливного насоса высокого давления.

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

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Летнее дизельное топливо, получаемое из западносибирской нефти, в котором преобладают парафино-нафтеновые углеводороды, имеет вязкость при 20°С 3,5—4,0 мм2/с; такое же по фракционному составу топливо из сахалинских нефтей, в котором преобладают нафтено-ароматические углеводороды, — 5,5—6,0 мм2/с. Стандартом на дизельное топливо вязкость нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуется снизить температуру конца кипения топлива. В зарубежных стандартах кинематическая вязкость нормируется обычно при 40 °С, в то время как отечественные ГОСТ и ТУ регламентируют вязкость при 20 °С.

Из всех классов углеводородов наименьшая вязкость у алифатических. Эти же углеводороды в меньшей степени изменяют свою вязкость при охлаждении, т.е. имеют наиболее пологую вязкостно-температурную кривую. Алифатические углеводороды разветвленного строения, имеющие в боковых цепях два-три атома углерода, обладают более высокой вязкостью и при охлаждении она изменяется более резко, чем у углеводородов нормального строения. Присутствие двойной связи снижает вязкость алифатического углеводорода. Ароматические и нафтеновые кольца в молекуле углеводорода повышают вязкость и ухудшают вязкостно-температурную зависимость. Бициклические углеводороды при одинаковой молекулярной массе с моноциклическими имеют не только более высокую вязкость, но и более крутую кривую зависимости вязкости от температуры.

Хотя вязкость дизельных топлив при понижении температуры и повышается, поведение топлива, как правило, продолжает подчиняться закону Ньютона (вязкость не зависит от градиента сдвига) вплоть до выпадения кристаллов твердых углеводородов. [25]

**Низкотемпературные свойства**

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура помутнения, предельная температура фильтруемости и температура застывания. Последняя определяет условия складского хранения топлива — условия применения топлива, хотя в практике известны случаи использования топлив при температу­рах, приближающихся к температуре застывания. Для большинства дизельных топлив разница между Tп и Tз составляет 5—7°С. В том случае, если дизельное топливо не содержит депрессорных присадок, Тз равна или на 1-2°С ниже Tп. Для топлив, содержащих депрессорные присадки на 10°С и более ниже Tп. [10]

В дизельных топливах содержится довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. Для всех классов углеводородов справедлива закономерность: с ростом молекулярной массы, а следовательно, и температуры кипения повышается температура плавления углеводородов. Однако весьма сильное влияние на температуру плавления оказывает строение углеводорода. Углеводороды одинаковой молеку­лярной массы, но различного строения могут иметь значения температур плавления в широких пределах. Наиболее высокие температуры плавления имеют парафиновые углеводороды с длинной неразветвленной цепью углеводородных атомов.

Ароматические и нафтеновые углеводороды плавятся при низких температурах (кроме бензола, п-ксилола), однако эти углеводороды, но с длинной неразветвленной боковой цепью, плавятся при более высоких температурах. По мере разветвления цепи парафинового углеводорода или боковой парафиновой цепи, присоединенной к ароматическим или нафтеновым кольцам, температура плавления углеводородов снижается.

Таблица 4

Плотность отечественных дизельных топлив

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Плотность при 20 °С, кг/м3 | Марка топлива | | |
| летнее | зимнее | арктическое |
| Фактические значения  Наиболее типичные значения | 802-875 830-850 | 792-847 800-830 | 790-830  800-820 |

Исследования показали, что при охлаждении дизельных топлив в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения. При этом температура помутнения топлива не зависит от суммарного содержания в нем н-парафиновых углеводородов.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава. Так, для получения дизельного топлива с Т3 = –35°С и Тп = –25°С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с Т3 = –45°С и Тп = –35°С — до 280°С, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42 до 30,5 и 22,4 % соответственно. [10]

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Добавка депрессорных присадок позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на 10—15°С и температуру застывания на 15—20 °С. Введение присадок не влияет на ТЗ топлива. Это связано с механизмом действия депрессорных присадок, заключающемся в модификации структуры кристаллизующихся парафинов, уменьшении их размеров. При этом общее количество н-парафиновых углеводородов не снижается. Последнего можно достичь лишь в результате депарафинизации (цеолитной, карбамидной, каталитической) топлива.

Таблица 5

Характеристики дизельных топлив с различными низкотем­пературными свойствами\* [10]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Фракции, °С | | | | | | |
|  | 160-280 | 160-320 | 160-350 | 160-370 | 160-390 | 180-350 | 180-370 |
| Выход на нефть, % (масс. доля) | 22,4 | 30,5 | 35,9 | 39,2 | 42,0 | 32,2 | 35,5 |
| Фракционный состав:  начало кипения, °С | 188 | 190 | 192 | 194 | 197 | 210 | 211 |
| перегоняется при температуре, °С: |  |  |  |  |  |  |  |
| 10% (об. доля) | 198 | 201 | 203 | 205 | 211 | 228 | 227 |
| 50% (об. доля) | 226 | 245 | 258 | 265 | 274 | 272 | 275 |
| 90 % (об. доля) | 260 | 295 | 320 | 336 | 354 | 327 | 340 |
| 96 % (об. доля) | 267 | 305 | 330 | 346 | 358 | 337 | 345 |
| 98 % (об. доля) | 273 | 306 | 332 | 347 | 362 | 338 | 347 |
| Плотность при 20 °С, кг/м3 | 823 | 832 | 837 | 841 | 844 | 842 | 846 |
| Кинематическая вязкость, при 20 °С, мм2/с | 2,47 | 3,02 | 3,77 | 4,31 | 4,73 | 4,35 | 5,06 |
| Температура, °С: |  |  |  |  |  |  |  |
| застывания | -47 | -35 | -30 | -19 | -13 | -22 | -14 |
| помутнения | -38 | -28 | .-17 | -11 | -6 | -13 | -50 |
| Топливо | 3 | 3 | Л | Л | Л | Л | Л |
|  | (-45 °С) | (-35 °С) |  |  |  |  |  |
| \* Данные получены при разгонке на приборе АРН нефти трубопровода «Дружба». | | | | | | | |

Низкотемпературные свойства дизельных топлив с депрессорными присадками спецификациями всех стран оцениваются по ГОСТ 305-82. Для топлива без депрессора низкотемпературные свойства регламентируют по ТЗ и ТП. Разность не должна превышать 10 °С.

**Смазывающие (противоизносные) свойства**

Топлива являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры быстроходных дизелей, пар трения плунжерных топливных насосов, запорных игл, штифтов и других деталей.

Смазывающие свойства топлив значительно хуже, чем у масел, так как и вязкость, и содержание поверхностно-активных веществ (ПАВ) в топливах меньше, чем их содержание в маслах. Противо­износные свойства топлив улучшаются с увеличением содержания ПАВ, вязкости и температуры выкипания.

В связи с ужесточением требований к качеству дизельных топлив по содержанию серы и переходом на выработку экологически чистых топлив, гидроочистку их проводят в жестких условиях. При этом из дизельных топлив удаляются соединения, содержащие серу, кислород и азот, что негативно влияет на их смазывающую способность. Наиболее реальным способом улучшения смазывающих свойств дизельного топлива является применение противоизносных присадок. [26]

**Химическая стабильность**

Химическая стабильность дизельного топлива — способность противостоять окислительным процессам, протекающим при хранении. Эта проблема возникла с углублением переработки нефти и вовлечением в состав товарного дизельного топлива среднедистиллятных фракций вторичной переработки нефти, таких, как легкого газойля каталитического крекинга, висбрекинга, коксования.

Последние обогащены ненасыщенными углеводородами, включая диолефины и дициклоолефины, а также содержат значительное количество сернистых, азотистых и смолистых соединений. Наличие гетероатомных соединений, особенно в сочетании с ненасыщенными углеводородами, способствует их окислительной полимеризации и поликонденсации, тем самым влияя на образование смол и осадков. Самыми сильными промоторами смоло- и осадкообразования являются азотистые и сернистые соединения. [10]

Химическая стабильность оценивается по количеству образовав­шегося в топливе осадка (мг/100 мл) по ASTM D 2274. Легкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК) по химической стабильности существенно уступает прямогонным или гидроочищенным дистиллятным фрак­циям.

**Коррозионная агрессивность**

Стандартами на дизельные топлива регламентируются следующие показатели качества, характеризующие их коррозионную агрессивность: содержание общей серы, содержание меркаптановой серы и сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, испытание на медной пластинке.

Современная технология получения дизельных топлив практически исключает возможность присутствия в них элементной серы и сероводорода в количествах, вызывающих коррозионное воздействие на металлы. Отсутствие элементной серы и сероводорода надежно контролируется испытанием на медной пластинке. Топливо выдерживает эти испытания, если содержание свободной серы не выше 0,0015%, сероводорода не более 0,0003%.

Общее содержание серы мало характеризует коррозионную агрес­сивность топлива по отношению к металлам. При увеличении содержания серы с 0,18 до 1,0%, но незначительном повышении содержания меркаптановой серы с 0,005 до 0,009%, коррозионная агрессивность топлива почти не изменяется. [31]

Большое влияние на коррозионную агрессивность дизельных топлив оказывает глубина их гидроочистки, так как при этом вместе с сернистыми и ароматическими соединениями удаляются поверхностно-активные вещества, в результате чего ухудшаются защитные свойства топлив. Удаление поверхностно-активных веществ приводит к снижению способности топлива вытеснять влагу с поверхности металлов и образо­вывать защитную пленку.

Коррозионная агрессивность дизельных топлив, в основном, зависит от содержания меркаптановой серы. Так, повышение содержания меркаптановой серы с 0,01% (норма ГОСТ) до 0,06% увеличивает коррозию более чем в 2 раза.

Коррозионная активность меркаптановой серы в дизельном топливе существенно зависит от присутствия в нем свободной воды и растворенного кислорода, которые ускоряют процесс образования меркаптидов.

Прямогонные дизельные топлива обладают более высокими защитными свойствами по сравнению с гидроочищенными. Сравнительно низкими защитными свойствами обладает газойль каталитического крекинга.

Защитные свойства мало зависят от фракционного состава. Зимнее и летнее топлива, полученные по одинаковой технологии, обладают примерно одинаковым защитными свойствами.

Причиной повышенной коррозии и износа является присутствие в топливе металлов. [31]

Таблица 6

Содержание металлов в дизельных топливах (х10-4 %), полученных на различных предприятиях

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер образца | V | Ni | Fe | Cu | Pb | Са | Al | Na | Мо |
| 1 | <0,5 | <0,3 | 0,35 | <0,07 | <0,3 | 0,15 | <0,7 | 0,08 | <0,3 |
| 2 | <0,5 | <0,3 | 0,35 | <0,07 | 0,2 | 0,1 | <0,7 | 0,02 | <0,3 |
| 3 | <0,5 | <0,3 | 0,55 | 0,07 | 0,2 | 0,17 | <0,7 | 0,18 | 0,3 |
| 4 | <0,5 | <0,3 | 0,35 | 0,07 | 0,2 | 0,3 | <0,7 | 0,15 | <0,3 |
| 5 | <0,5 | <0,3 | 0,35 | <0,07 | 0,3 | 0,3 | <0,7 | 0,12 | <0,3 |
| 6 | <0,5 | <0,3 | 0,4 | <0,07 | 0,3 | <0,15 | <0,7 | <0,07 | <0,3 |
| 7 | <0,5 | <0,3 | 0,4 | 0,06 | 0,2 | 0,12 | <0,7 | <0,07 | <0,3 |
| 8 | 0,3 | 1,3 | 0,45 | <0,07 | 0,3 | 0,1 | <0,7 | <0,07 | <0,3 |
| 9 | <0,5 | <0,1 | 0,3 | 0,06 | 0,35 | <0,15 | <0,7 | <0,07 | <0,3 |
| 10 | <0,5 | <0,1 | 0,3 | 0,06 | 1,0 | 0,07 | <0,7 | 0,2 | <0,3 |
| 11 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | <0,1 | 0,6 | <0,1 | — | 0,05 | <0,3 |

**Склонность к нагарообразованию (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 более 4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости по ГОСТ 19006-73, 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 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. Однако влияние этого фактора неоднозначно.[31]

Присутствие в топливе поверхностно-активных веществ, мыл нафтеновых кислот, смолистых соединений усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно 10-4 % мыл нафтеновых кислот, образующих­ся при защелачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 5. Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями, составляет 0,002-0,004% (отсутствие по ГОСТ 6370-83). Это количество не отражается на коэффициенте фильтруемости при исключении других отрицательных факторов. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с предприятий, находится в пределах 1,5-2,5. [31]

**2.2. Современные и перспективные требования к качеству дизельных топлив. Ассортимент, качество и состав дизельных топлив**

Нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо по ГОСТ 305—82 трех марок: Л - летнее, применяемое при температурах окружающего воздуха 0°С и выше; З — зимнее, применяемое при температурах до -20°С (в этом случае зимнее дизельное топливо должно иметь Тз < -35°С и ТП < -25°С), или зимнее, применяемое при температурах до -30 °С, тогда топливо должно иметь Тз < -45°С и Тп < -35°С, марки А — арктическое, температура применения которого до -50°С. Содержание серы в дизельном топливе марок Л и З не превышает 0,2% — для I вида топлива и 0,5 — для II вида топлива, а марки А — 0,4%. Для удовлетворения потребности в дизельном топливе разрешаются по согласованию с потребителем выработка и применение топлива с температурой застывания 0 °С без нормирования температуры помутнения.

В соответствии с ГОСТ 305-82 принято следующее условное обозначение дизельного топлива: летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л-0,2-40), зимнее - с уче­том содержания серы и температуры застывания (3-0,2-минус 35). В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А-0,2.

Дизельное топливо (ГОСТ 305-82) получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечи­вающих требования стандарта по содержанию серы. В качестве сырья для гидроочистки нередко используют смесь среднедистиллятных фракций прямой перегонки и вторичных процессов, чаще прямогонного дизельного топлива и легкого газойля каталитического крекинга. Содер­жание серы в прямогонных фракциях в зависимости от перерабатываемой нефти колеблется в пределах 0,8-1,0% (для сернистых нефтей), а содержание серы в гидроочищенном компоненте - от 0,08 до 0,1.

Дизельное экспортное топливо (ТУ 38.401-58-110-94) - выраба­тывают для поставок на экспорт, содержание серы 0,2%. Исходя из требований к содержанию серы, дизельное экспортное топливо получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества по требованию заказчиков определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305-82). Кроме того, вместо определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10°С. [10]

Таблица 7

Характеристики дизельного топлива (ГОСТ 305-82)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Норма дня марок | | |
|  | Л | 3 | А |
| Цетановое число, не менее | 45 | 45 | 45 |
| Фракционный состав: |  |  |  |
| 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше | 280 | 280 | 255 |
| 90 % перегоняется при температуре (конец перегонки), |  |  |  |
| °С, не выше | 360 | 340 | 330 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, ммг/с | 3,0-6,0 | 1,8-5,0 | 1,5-4,0 |
| Температура застывания, °С, не выше, для климатической |  |  |  |
| зоны: |  |  |  |
| умеренной | -10 | -35 | - |
| холодной | - | -45 | -55 |
| Температура помутнения, °С, не выше, для климатической |  |  |  |
| зоны: |  |  |  |
| умеренной | -5 | -25 | - |
| холодной | - | -35 | - |
| Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже: |  |  |  |
| для тепловозных и судовых дизелей и пазовых турбин | 62 | 40 | 35 |
| для дизелей общего назначения | 40 | 35 | 30 |
| Массовая доля серы, %, не более, в топливе: |  |  |  |
| Вида I | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| вида II | 0,50 | 0,50 | 0,40 |
| Массовая доля меркаптановой серы, %, не более | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Содержание фактических смол, мг/100 см3 топлива, | 40 | 30 | 30 |
| не более |  |  |  |
| Кислотность, мг КОН/100 см3 топлива, не более | 5 | 5 | 5 |
| Йодное число, г I2/100 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 |
| Плотность при 20 °С, кг/м3, не более | 860 | 840 | 830 |
| **Примечание**. Для топлив марок Л, 3, А: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие, испытание на медной пластинке— выдерживают. | | | |

Таблица 8

Характеристики дизельного экспортного топлива (ТУ 38.401-58-110-94)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Норма для марок | |
|  | ДЛЭ | ДЭЗ |
| Дизельный индекс, не менее | 53 | 53 |
| Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:  50%  90%  96% | 280  340  360 | 280  330  360 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, мм2/с | 3,0-6,0 | 2,7-6,0 |
| Температура, °С:  застывания, не выше  предельной фильтруемое, не выше  вспышки в закрытом тигле, не ниже | -10  -5  65 | -35  -25  60 |
| Массовая доля серы, %, не более, в топливе:  вида I  вида II | 0,2  0,3 | 0,2  - |
| Испытание на медной пластинке | Выдерживает | |
| Кислотность, мгКОН/100 см3 топлива, не более | 3,0 | 3,0 |
| Зольность, %, не более | 0.01 | 0,01 |
| Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более | 0,2 | 0,2 |
| Цвет, ед. ЦНТ, не более | 2,0 | 2,0 |
| Содержание механических примесей | Отсутствие | |
| Прозрачность при температуре 10 °С | Прозрачно | |
| Плотность при 20 °С, кг/м3, не более | 860 | 845 |

**2.3. Современные и перспективные требования к дизельным топливам**

В таблице 9 приведены требования к качеству дизельных топлив по стандарту EN 590. Наблюдается тенденция снижения серы, увеличения ЦЧ с 1993 по 2000 гг.

Таблица 9

Требования к качеству дизельных топлив по EN 590

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **EN590** | | |
| 1993-1996 гг. | 1996-1999 гг. | Действующий с 2000 г. |
| Массовая доля серы, %, не более | 0,5 | 0,3 | 0,035 |
| Цетановое число, не менее | 45 | 49 | 51 |
| Плотность при 1 5°С, кг/м' | 820-860 | 820-860 | 820-845 |
| Кинематическая вязкость при 40°С, мм2/с | 2,0-4,5 | 2,0-4,5 | 2,0-4,0 |
| Фракционный состав: 95% перегоняется до, °С | 370 | 370 | 360 |
| Содержание полициклических ароматических углеводородов, %, не более | Не норм. | Не норм. | II |
| Смазывающая способность, мкм, не более | Не норм. | Не норм. | 460 |
| Окислительная стабильность, г/м3, не более | Не норм. | Не норм. | 25 |

Таблица 10

Требования к качеству дизельного топлива за рубежом

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Регион | США | | | Калифорния (Техас) | Европейский Союз | | | Швеция | Категория IV |
| Характеристика | США ЕРА | | | САКВ (TNRCC) | Евро-1 | Евро-2 | Auto Oil II | Класс 1 | Мировая Хартия Топлив |
| Ввод в действие | 1993 | 1998 | 2006 | 2006 | 2000 | 2005 | 2008 | 1991 |  |
| Плотность, г/см3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| минимум | - | - | - | 0,83 | - | 0,825 | 0,825 | 0,8 | 0,82 |
| максимум | 0,876 | - | - | 0,86 | 0,845 | 0,845 | 0,830 | 0,82 | 0,84 |
| API минимум | 30 | - | Н/у | 33 | 36 | 36-40 | - | 41,1 | 37,0 |
| Содержание серы, ppm | 500 | 50 | 15 | 15 | 350 | 50 | 30 | 10 | 5-10 |
| Цетановый индекс | 40 | - | Н/у | - | - | - | - | 50 | >52 |
| Цетановое число | - | - | на | 48 | 51 | 53 | 54-58 | ns | 55 |
| Содержание ароматических |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| углеводородов, макс.: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| общее | 35% об. | - | Н/у | 10% мас. | - | - | - | 5% об. | 15% об. |
| полициклических | - | - | - | 1,4% мас. | 11% мае. | 1-6% мае. | 1-4% мае. | 0,02% об. | 2% об. |
| Фракционный состав, °С: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Т90 макс., °С | 338 | - | Н/у | 321 | - | - | - | 285 | 320 |
| Т95 макс., °С | 366 | - | - | - | 360 | 340-360 | 340-350 | 300 | 340 |
| Т конца кипения, макс., °С | - | - | - | 348 | - | - | - | - | 350 |

**2.4. Технологии для улучшения экологических и эксплуатационных характеристик дизельных топлив**

Экологически чистое дизельное топливо выпускают по ТУ 38.1011348-89. Технические условия предусматривают выпуск двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) дизельного топлива с содержанием серы до 0,05% (вид I) и до 0,1% (вид II). [10]

С учетом ужесточающихся требований по содержанию аромати­ческих углеводородов введена норма по этому показателю: для топлива марки ДЛЭЧ-В - не более 20%, для топлива марки ДЗЭЧ - не более 10%. Экологически чистые топлива вырабатывают гидро­очисткой дизельного топлива, допускается использование в сырье гидроочистки дистиллятных фракций вторичных процессов.

Городское дизельное топливо (ТУ 38.401-58-170-96) предназначе­но для использования в г. Москве. Основное отличие городского дизельного топлива от экологически чистого - улучшенное ка­чество благодаря использованию присадок (летом - антидымной, зимой антидымной и депрессорной).

Таблица 11

Характеристики экологически чистого дизельного топлива (ТУ 38.1011348-90)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Нормы дня марок | | |
| ДЛЭЧ-В | ДЛЭЧ | ДЗЭЧ |
| Цетановое число, не менее | 45 | 45 | 45 |
| Фракционный состав:  перегоняется при температуре, °С, не выше:  50%  96 % (конец перегонки) | 280  360 | 280  360 | 280  340 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, мм2 /с | 3,0-6,0 | 3,0-6,0 | 1,8-5,0 |
| Температура, °С, не выше:  застывания  предельной фильтруемости | -10  -5 | -10  -5 | -35  -25 |
| Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:  для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин  для дизелей общего назначения | 40  62 | 40  62 | 35  40 |
| Массовая доля серы, %, не более, в топливе:  вида I  вида II | 0,05  0,1 | 0,05  0,1 | 0,05  0,1 |
| Испытание камедной пластинке | Выдерживает | | |
| Кислотность, мг КОН/100 см3 топлива, не более | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Зольность, %, не более | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Коксуемость 1 0%-ного остатка, %, не более | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Цвет, ед. ЦНТ, не более | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Содержание механических примесей и воды | Отсутствие | | |
| Плотность при 20 °С, кг/м3, не более | 860 | 860 | 840 |
| Содержание ароматических углеводородов, %, не более | 20 | - | 10 |

Таблица 12

Характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами (городского) по ТУ 38.401-58-170-96

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нормы для марок | | | | |
| Показатели | ДЭК-Л | ДЭК-З | ДЭКп-Л | ДЭКп-3,  минус 15'С | ДЭКп-3,  минус 20'С |
| Цетановое число, не менее | 49 | 45 | 49 | 45 | 45 |
| Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С,  не выше: |  |  |  |  |  |
| 50% | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| 96% (конец перегонки) | 360 | 340 | 360 | 360 | 360 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, мм2/с | 3,0-6,0 | 1,8-5,0 | 3,0-6,0 | 1,8-6,0 | 1,8-6,0 |
| Температура, °С, не выше:  застывания | -10 | -35 | -10 | -25 | -35 |
| предельной фильтруемое | -5 | -25 | -5 | -15 | -25 |
| Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже: |  |  |  |  |  |
| для тепловозных и судовых |  |  |  |  |  |
| дизелей и газовых турбин | 62 | 40 | 62 | 40 | 40 |
| для дизелей общего назначение | 40 | 35 | 40 | 35 | 35 |
| Массовая доля серы, %,  не более, в топливе: |  |  |  |  |  |
| вида I | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| вида II | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Массовая доля меркаптановой | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| серы, %, не более |  |  |  |  |  |
| Кислотность, мг КОН/100 см3  топлива, не более | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5.0 | 5,0 |
| Йодное число, г I2/100 г топлива | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Зольность, %, не более | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Коксуемость 10 %-ного остатка,  %, не более | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Коэффициент фильтруемости (до введения присадки в топливо), не более | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Цвет, ед. ЦНТ, не более | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Плотность при 20°С, кг/м3, не более | 860 | 860 | 860 | 860 | 860 |
| **Примечание**. Для дизельных топлив всех марок: содержание сероводорода, водорасворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке — выдерживают. | | | | | |

Добавка присадок в городское дизельное топливо снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей на 30-50%. В качестве антидымной присадки могут быть использованы отечественная ЭФАП-Б и зарубежная Любризол 8288, допущенные к применению. Активным веществом этих продуктов является барий.

Депрессорные присадки, улучшающие низкотемпературные свойства топлива представляют собой, в основном, сополимеры этилена с винилацетатом зарубежного производства.

Европейский стандарт EN 590 действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996г. Стандарт предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Общими для дизельных топлив являются требования по температуре вспышки — не ниже 55°С, коксуемости 10%-ного остатка — не более 0,30%, зольности — не более 0,01%, содержанию воды — не более 200 ppm, механических примесей — не более 24 ppm, коррозии медной пластинки — класс 1, устойчивости к окислению — не более 25г осадка/м3. [18]

Для районов с умеренным климатом изготовляют 6 марок дизель­ного топлива: А, В, С, D, Е и F с предельной температурой фильтруемости +5, 0, -5, -10, -15 и -20°С соответственно. [18]

В 1996г. в Европе введены ограничения на содержание серы в дизельных топливах — не более 0,05%. Таким требованиям отвечают отечественные ТУ 38.1011348-89.

**Глава II. Методика определения качества моторных топлив**

В данной главе описываются методики определения качества моторных топлив проведенных на базе лаборатории ОАО «Газпромнефть-Тюмень».

**§1. Методики определения качества бензина**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ ГОСТ 6307-75

1. Пробы испытуемого нефтепродукта перемешивают встряхиванием в течение 5 минут в склянке, заполненной не более чем на 1/4 её вместимости. Вязкие и парафинистые нефтепродукты предварительно нагревают до 50-60°С, а высокоплавкие составы – до температуры на 10°С выше температуры плавления.

2. При испытании пластичных смазок с поверхности испытуемой пробы шпателем снимают и отбрасывают верхний слой (3-5мм), затем в нескольких местах (не менее трех) берут пробы, примерно в равных количествах, не вблизи стенок сосуда. Отобранные пробы переносят в фарфоровую чашку и тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Общее количество пробы должно быть не менее 50г.

3. Дистиллированную воду, бензин и спирт необходимо проверять на нейтральность по метиловому оранжевому и фенолфталеину или при помощи рН- метра.

4. В делительную воронку помещают 50 см3 испытуемого нефтепродукта и 50 см3 дистиллированной воды, нагретых до 50-60°С. Легкие нефтепродукты (бензин, лигроин и т.д.), а также продукты, в которых могут образоваться ВКЩ в результате гидролиза, не нагревают. Если вязкость нефтепродукта более 75 сСт при 50°С, то его предварительно смешивают при комнатной температуре с 50 см3 бензина. Затем добавляют 50 см3 дистиллированной воды, подогретой до 50-60 °С.

5. Содержимое делительной воронки слегка взбалтывают в течение 5 мин, не допуская образования эмульсии. После отстоя нижний водный слой сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу.

6. При испытании пластичных смазок, парафинов, церезинов и восковых составов в фарфоровую чашку или коническую колбу берут 50г предварительно расплавленной пробы, взвешенной с погрешностью не более 0,01г. Затем туда наливают 50 см3 дистиллированной воды, нагревают содержимое до полного расплавления и перемешивают стеклянной палочкой или встряхиванием. После охлаждения до комнатной температуры отделившийся нижний водный слой осторожно сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу. Затвердевшие продукты (парафины, церезин и др.) предварительно прокалывают стеклянной палочкой.

7. При испытании присадок в измерительный цилиндр наливают 10 см3 испытуемой присадки и 40 см3 бензина. Полученный раствор переносят в делительную воронку, туда же добавляют 50 см3 подогретой до 50-60°С дистиллированной воды. Содержимое делительной воронки взбалтывают в течении 5 мин. После отстоя отделившийся нижний водный слой сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу. Если при смешении нефтепродукта с водой образуется эмульсия, то ВКЩ экстрагируют, обрабатывая нефтепродукт спиртовым раствором (1:1), нагретым до 50-60°С.

9. Для определения наличия ВКЩ по величине рН в стаканчик помещают 30-50 см3 вытяжки, погружают электроды на глубину 10-12мм и замеряют величину рН в соответствии с требованиями по эксплуатации рН-метра. Отсутствие или наличие ВКЩ в водной вытяжке нефтепродуктов устанавливают по таблице:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика водной вытяжки нефтепродукта | рН | Сходимость рН | Воспроизводимость рН |
| Кислая | до 4,0 | 0,2 | 1,9 |
| Слабокислая | св. 4,0 до 6,0 | 0,3 | 1,9 |
| Отсутствие ВКЩ | св. 6,0 до 8,0 | 0,3 | 1,9 |
| Слабощелочная | св. 8,0 до 10,0 | 0,3 | 1,9 |
| Щелочная | Св. 10,0 | 0,3 | 1,9 |

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ГОСТ

Р 51069-97

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

2. Образец переносят в чистый цилиндр ареометра, не проливая, чтоб избежать образования воздушных пузырьков и сократить до минимума испарение компонентов с более низкой температурой кипения. Прежде, чем погружают ареометр, удаляют образовавшиеся пузырьки воздуха, если они образовались на поверхности образца, касаясь их чистой фильтровальной бумагой.

3. Помещают цилиндр с образцом в вертикальном положении в место, защищённое 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 °С. Если испытание проводят при температуре выше или ниже комнатной температуры, используют баню с постоянной температурой.

4. Аккуратно погружают ареометр в испытуемый образец. Не допускается намокание стержня выше уровня погружения ареометра в жидкость, т.к. 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, её записывают с точностью до 0,25°С и затем удаляют термометр.

5. Ареометр погружают приблизительно на два деления в жидкость, а затем отпускают. При испытании маловязких образцов лёгким вращательным движением добиваются, чтобы ареометр не приближался к стенке цилиндра, считывают показания шкалы ареометра с точностью до 0,0001. 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.

6. При испытании непрозрачных жидкостей смотрят немного ниже плоской поверхности жидкости и определяют точку на шкале ареометра, до которой поднимается образец. Это показание, определяемое на верхней части мениска, требует поправки, т.к. ареометры калибруются на снятие показаний по основной поверхности жидкости.

7. Сразу после считывания значения на шкале ареометра снова осторожно перемешивают образец термометром так, чтобы его ртутный столбик был полностью погружен в образец. Отмечают температуру с точностью до 0,2°С. Если эта температура отличается от предыдущего показания более, чем на 0,5°С, вновь проводят определение ареометром и затем снятие показаний термометра до тех пор, пока температура не станет стабильной в пределах 0,5°С.

**Сходимость метода:** расхождение между двумя результатами определения, полученными одним исполнителем, на одной аппаратуре, при одинаковых условиях, на идентичном исследуемом материале, при обычном и правильном выполнении метода испытания может превышать 0,0005 кг/м3 только в одном случае из двадцати.

**Воспроизводимость метода:** расхождение между двумя единичными и независимыми результатами испытания, полученными разными исполнителями, работающими в разных лабораториях, на идентичном исследуемом материале, при обычном и правильном выполнении метода испытания может превышать 0,0012 кг/м3 только в одном случае из двадцати.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ НА МЕДНОЙ ПЛАСТИНКЕ ГОСТ 6321-92

**1. Подготовка поверхности пластинки к испытанию**

Со всех шести граней медной пластинки удаляют пятна карборундовой бумагой с размером абразивных частиц, обеспечивающих необходимое качество обработки поверхности. Окончательную обработку производят карборундовой бумагой или тканью с размером частиц 65 мкм, удаляя все царапины, которые могли быть сделаны другими сортами бумаги, применяемыми ранее. Медную пластинку погружают в растворитель, из которого сразу же вынимают для окончательной обработки или хранят в растворителе для дальнейшего использования.

При подготовке поверхности вручную кладут лист абразивной бумаги на плоскую поверхность, смачивают его керосином или растворителем и шлифуют пластинку, перемещая её по бумаге круговыми движениями, предохраняя пластинку от соприкосновения с пальцами беззольной фильтровальной бумагой.

**2. Окончательная обработка**

Удаляют пластинку из растворителя, удерживая её пальцами, защищёнными беззольной фильтровальной бумагой, шлифуют сначала торцы, а затем боковые стороны карборундовым порошком с размером частиц 105 мкм, который берут с чистой стеклянной пластинки ватным тампоном, смоченным каплей растворителя. Пластинку тщательно вытирают чистыми тампонами и в дальнейшем берут её щипцами из нержавеющей стали; ни в коем случае нельзя прикасаться к ней пальцами. Пластинку закрепляют в зажиме и шлифуют основные поверхности карборундовым порошком, нанесенным на вату. Шлифование производят по продольной оси медной пластинки. С пластинки удаляют металлическую пыль, тщательно протирая чистыми ватными тампонами до тех пор, пока свежий тампон не станет чистым. После этого пластинку сразу же погружают в приготовленный образец.

**3. Проведение испытания**

Испытуемое топливо фильтруют через бумажный фильтр, наливают в пробирку 10см3, опускают в них с помощью пинцета подготовленные к испытанию пластинки и закрывают пробирки корковыми пробками.

Пробирки с топливом и медными пластинками помещают в вертикальном положении в нагретую до (50±2)°С водяную баню. Уровень воды в бане должен быть выше уровня топлива в пробирках не менее чем на 30мм.

По истечении 3 ч пластинку извлекают пинцетом из пробирки и промывают в фарфоровой чаше не менее двух раз спирто-толуольной смесью и просушивают на фильтровальной бумаге (промокая). Не допускается касание руками поверхности пластинки.

Для каждого испытуемого топлива проводят не менее двух параллельных определений.

**4. Оценка результатов**

Коррозионную активность образца выражают в зависимости от внешнего вида исследуемой пластинки, совпадающего с одним из эталонов коррозии.

Если внешний вид пластинки занимает явно промежуточное положение между двумя соседними эталонами, то образец относят к эталону с большей степенью помутнения. Если пластинка имеет более темный оранжевый цвет, чем эталон 16 класса, её следует отнести к классу 1, но при наличии явного красного цвета пластинку следует отнести к классу 2.

Темно-красная пластинка в классе 2 может быть ошибочно принята за пурпурно-красный цвет, нанесённый на латунную жёлтую пластинку в классе 3, если латунно-жёлтый фон пластинки полностью заглушён пурпурно-красным цветом. Чтобы установить их различие, пластинку погружают в растворитель. Первая приобретает тёмно-оранжевый цвет, а последняя остаётся без изменения.

Чтобы установить различие между многоцветными пластинками классов 2 и 3, пластинку помещают для контроля во вторую пробирку. Если пластинка относится к классу 2, она примет серебристый, а затем золотистый цвет. Если же пластинка относится к классу 3, она станет прозрачно-чёрного цвета и т. д. как указано в классе 4. Испытание повторяют, если на пластинке обнаруживают поверхностные изъяны, такие как отпечатки пальцев или пятна от попадания посторонних частиц или капель воды во время обработки пластинки. Испытание повторяют также в том случае, если изменение окраски острых краёв поверхностей пластинке соответствует более высоким степеням коррозии, чем окраска большей поверхности пластинки.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА

ГОСТ 2177-99

1. Температуру пробы нефтепродукта, колбы, термометра, мерного цилиндра, прокладки для колбы и кожуха доводят до температуры 13-18°С.

2. Заполняют охлаждающую баню холодильника колотым льдом, при этом трубка холодильника должна быть покрыта водой.

3. Остатки жидкости удаляют из трубки холодильника, протирая её куском мягкой ткани без ворса, прикреплённой к жгуту.

4. Отбирают 100 см3 пробы мерным цилиндром и переносят по возможности полностью в колбу для перегонки, соблюдая все меры предосторожности так, чтобы ни одна капля жидкости не попала в пароотводную трубку.

5. Вставляют термометр через отверстие плотно пригнанной пробки в горловину колбы так, чтобы ртутный шарик термометра располагался по центру горловины колбы и нижний конец капилляра находился на одном уровне с самой высокой точкой нижней внутренней стенки пароотводной трубки.

6. Колбу с пробкой устанавливают на подставку и с помощью пробки, через которую проходит пароотводная трубка, плотно соединяют её с трубкой холодильника; закрепляют колбу в вертикальном положении так, чтобы пароотводная трубка входила в трубку холодильника на расстояние от 25мм до 50мм.

7. Мерный цилиндр, которым отмеряли пробу для испытания, помещают без высушивания в баню для цилиндра под нижний конец трубки холодильника так, чтобы конец трубки холодильника находился в центре цилиндра и входил в него на расстояние не более 25мм, но не ниже отметки 100 см3. Плотно закрывают цилиндр куском фильтровальной бумаги, подобранного так, чтобы он плотно прилегал к трубке холодильника.

8. Записывают барометрическое давление и проводят перегонку.

9. Нагревают колбу с её содержимым.

10. После того, как отмечена температура начала кипения, цилиндр ставят так, чтобы кончик холодильника соприкасался с его внутренней стенкой, а конденсат стекал по стенке. Продолжают регулировать нагрев с таким расчётом, чтобы скорость перегонки от 5%-ного отгона до получения 95 см3 отгона в мерный цилиндр была 4-5 см3 / мин.

11. От начала кипения до конца испытания записывают показания термометра при указанном проценте отгона. Объёмы продукта измеряют с погрешностью не более 0,5 см3, а все показания термометра – с погрешностью не более 0,5°С до 300 °С и не более 1°С до 370°С.

12. При наблюдаемом начале разложения продукта прекращают нагревание.

13. По мере поступления конденсата через конденсаторную трубку в цилиндр отмечают его объём с интервалом в 2 мин до тех пор, пока два последовательных измерения не дадут одинаковых результатов. Тщательно измеряют этот объём, записывают его значение с точностью до 0,5см как процент отгона.

14. После охлаждения колбы её содержимое выливают в конденсат, собранный в цилиндре, и дают ему стечь до тех пор, пока не будет наблюдаться значительное увеличение объёма жидкости в мерном цилиндре, записывают этот объём с точностью до 0,5 см3 как восстановленный общий процент продукта. Допускается измерять объём охлаждённого остатка, содержащегося в колбе, сливая его в цилиндр вместимостью 10 см3, за общий восстановленный процент принимают сумму значений установленного объёма и объёма конденсата.

15. Процент потерь равен разности 100 и общего восстановленного процента.

16. Вычисляют поправку на барометрическое давление.

17.После внесения поправок на барометрическое давление записывают скорректированную температуру начала и конца кипения, объём отгона, восстановленный общий объём, каждый 10%-ный отгон и соответствующие им температуры. Потери и остаток вычисляют в %.

**Сходимость:** два результата определений, полученные последовательно одним исполнителем, признаются достоверными, если расхождение между ними не превышают значения, полученного по номограмме.

**Воспроизводимость:** два результата определений, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными, если расхождение между ними не превышают значения, полученного по номограмме.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА

НА АНАЛИЗАТОРЕ АК-ЗБ

1. Перед началом измерения необходимо выдержать анализатор и исследуемые образцы бензинов при одной температуре не менее 30 мин.

2. Включить прибор, нажав кнопку «СЕТЬ».

3. Установить кнопку АЦП/ОЧ (октановое число) в положение АЦП.

4. Потенциометром «Уст. I» установить показания индикатора 1,000.

5. Заполнить пространство между электродами первичного преобразователя проверяемым образцом бензина до верхнего края внешнего электрода. Снять отсчёт значения относительной диэлектрической проницаемости проверяемого образца по индикатору.

6. Нажать кнопку АЦП/Очи в зависимости от положения переключателя «Мотор.-Исслед.» по показаниям индикатора считать результат измерения октанового числа по моторному и исследовательскому методу соответственно. Показания индикатора должны соответствовать таблице.

7. В случае несоответствия показаний индикатора паспортным данным проверяемых бензинов (либо полного отсутствия показаний) перевести режим работы анализатора в положение АЦП, считать показания индикатора в относительных единицах и по графику уточнить октановое число проверяемого бензина.

8. Вылить проверяемый бензин из первичного преобразователя. Показание индикатора должно соответствовать 1,000. Увеличение показаний свидетельствует о наличии в первичном преобразователе остатков бензина, которые следует удалить путём встряхивания, либо протереть сухой х/б тканью.

9. В первичный преобразователь следует заливать только бензин. При случайном попадании других жидких веществ необходимо промыть первичный преобразователь водой и протереть насухо.

10. По окончании работы с анализатором первичный преобразователь протереть насухо, завернуть крышку и надеть кожух.

Результаты эксперимента представлены в табл.13.

Таблица 13

**Сравнение характеристик заданного бензина с нормами стандарта по ГОСТ 2084-67**

**Бензин автомобильный неэтилированный Регуляр -92**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | АИ-92 | |
| Положенное значение по ГОСТу | Фактические значения по заданию |
| Детонационная стойкость:  -октановое число, определяемое по моторному методу | 83 | 83,3 |
| -октановое число, определяемое по исследовательскому методу | 92,0 | 94,8 |
| Фракционный состав:  Объем испарившегося бензина, % при т-ре |  | |
| Температура перегонки 10%, не выше: |  |  |
| 70С | 10-50 | 19 |
| 100С | 35-70 | 41 |
| 180С не менее | 85 | 93,5 |
| Температура конца перегонки, не выше: | 215 | 202 |
| Плотность при 20ºС,кг/м | - | 758,6 |
| Плотность при 15ºС,кг/м | 725-780 | 761,2 |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | Выд.класс 1 | Выд.класс 1 |

**Бензин неэтилированный марка Премиум - евро -95**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | АИ-95 | |
| Положенное значение по ГОСТу | Фактические значения по заданию |
| Детонационная стойкость:  -октановое число, определяемое по моторному методу | 85,0 | 85,1 |
| -октановое число, определяемое по исследовательскому методу | 95,0 | 97,2 |
| Фракционный состав:  Объемная доля испарившегося бензина, % при т-ре |  | |
| 70С | 20-50,0 | 23 |
| 100С | 46-71 | 51 |
| 150С не менее | 75 | 85,0 |
| Температура конца перегонки, не выше: | 210 | 200,0 |
| Плотность при 20ºС,кг/м | Не нормируется | 758,1 |
| Плотность при 15ºС,кг/м | 720-775 | 760,7 |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | класс 1 | класс 1 |

**Бензин неэтилированный Нормаль-80**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | АИ-80 | |
| Положенное значение по ГОСТу | Фактические значения по заданию |
| Детонационная стойкость:  -октановое число, определяемое по моторному методу | 76,0 | 76,2 |
| -октановое число, определяемое по исследовательскому методу | 80,0 | 83,5 |
| Фракционный состав:  Объемная доля испарившегося бензина, % при т-ре |  | |
| 70С | 10-50 | 32 |
| 100С | 35-70 | 62 |
| 180С не менее | 85 | 93,5 |
| Температура конца перегонки, не выше: | 215 | 205,5 |
| Плотность при 20ºС,кг/м | Не нормируется | 720,0 |
| Плотность при 15ºС,кг/м | 700-750 | 723,4 |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | класс 1 | класс 1 |

Сравнительный анализ показателей качества исследуемых бензинов разных марок показал, что лучшим является бензин марки Премиум-евро-95.

**§2. Методики определения качества дизельного топлива**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВСПЫШКИ В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ на аппарате ТВ-3 ПО ГОСТ 6356-75

1. Топливо перед испытанием перемешивают в течение 5 мин в ёмкости, заполненной не более чем на 2/3 её вместимости.

2. Пробу охлаждают до температуры, которая не менее чем на 17ºС ниже предполагаемой температуры вспышки.

3. Образцы нефтепродуктов, содержащие воду в количестве более 0,05%, обезвоживают обработкой их свежепрокалёнными и охлаждёнными хлористым натрием, хлористым кальцием или фильтрованием через фильтровальную бумагу, после этого на испытание берут верхний слой.

4. Прибор устанавливают на ровном столе, в месте, где нет заметного движения воздуха, и с трёх сторон окружают экраном.

5. Тигель и крышку прибора промывают растворителем (нефрас или бензин прямой перегонки). Высушивают и охлаждают до Т не менее, чем на 17ºС ниже предполагаемой температуры вспышки.

6. Топливо наливают в тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля, выше указанной метки.

7. Тигель закрывают крышкой, устанавливают в нагревательную ванну, вставляют термометр и включают нагрев. Скорость нагрева – 1°С в мин для продуктов с Твсп. до 104ºС.

8. Измеряют барометрическое давление.

9. В момент испытания на вспышку перемешивание прекращают, открывают заслонку и подносят источник пламени, при этом пламя опускают в паровое пространство за 0,5 с, оставляют в самом нижнем положении 1 с и поднимают в верхнее положение.

10. За Твсп. принимают показания термометра в момент чёткого появления синего пламени над поверхностью продукта внутри прибора. Не следует принимать за Твсп. окрашенный (голубоватый ореол), который иногда окружает пламя перед тем, как оно вызывает фактическую вспышку.

11. При появлении неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой при повышении Т на 1-2 °С. Если при этом вспышка не произойдёт, испытание повторяют вновь.

12. Поправка на барометрическое давление:

∆t = 0,0362 (760- Р),

где Р - фактическое барометрическое давление в мм рт. столба.

13. За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее двух последовательных определений. Полученное значение Твсп. округляют до целого числа.

**Сходимость метода:** два результата определений, полученных одним исполнителем, считаются достоверными, если расхождения между ними не превышают 2°С.

**Воспроизводимость метода:** два результата определений, полученные в двух разных лабораториях, считаются достоверными, если расхождения между ними не превышают 4ºС.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

ГОСТ 6370-83

1. Пробу нефтепродукта хорошо перемешивают вручную встряхиванием в  
течение 5 мин в ёмкости, заполненной не более 3/4 её вместимости. Парафинистые и вязкие нефтепродукты предварительно нагревают до 40-80 °С. Пробы присадок к маслам нагревают до 70-80°С и затем тщательно перемешивают стеклянной палочкой в течение 5 мин.

1. Бумажный или стеклянный фильтр промывают тем же растворителем, который применяют при испытании. Затем фильтр помещают в чистый сухой стаканчик для взвешивания. Стаканчик с фильтром с открытой крышкой сушат в сушильном шкафу при температуре (105±2)°С в течение 45 мин, после чего стаканчик закрывают крышкой и охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин. Стаканчик с фильтром взвешивают с погрешностью не более 0,0002г.
2. Стаканчик с фильтром или стеклянный фильтр высушивают и взвешивают до получения расхождения между двумя последовательными взвешиваниями не более 0.0004г. Повторные высушивания фильтра производят в течение 30 минут.
3. Если для испытания в качестве растворителя используют спирто-толуольную или спирто-эфирную смесь, то перед высушиванием и доведением до постоянной массы фильтры дополнительно обрабатывают фильтрованием 50 см3 горячего спирта с температурой 50-60°С. При необходимости фильтр промывают 50 см3 горячей дистиллированной воды, нагретой до температуры 80°С.
4. Все растворители должны быть профильтрованы через фильтр того же типа, на котором проводят испытание пробы.
5. В стакан помещают подготовленную пробу испытуемого продукта и разбавляют подогретым растворителем (бензином, толуолом) в соотношении 1:2. Перед испытанием предварительно определяют минимальный объём пробы и растворителя, необходимого для её растворения. При определении механических примесей в нефтях, темных нефтепродуктах, смазочных маслах с присадками и в присадках в качестве растворителя применяют толуол.
6. Бензин и толуол для растворения пробы подогревают на водяной бане до температуры 40 и 80°С соответственно. Не допускается кипение растворителя при подогреве.
7. Содержимое стакана фильтруют через подготовленный бумажный фильтр, помещённый в стеклянную воронку, укрепленную в штативе.
8. Раствор наливают на фильтр по стеклянной палочке, воронку с фильтром наполняют раствором не более чем на 3/4 высоты фильтра.
9. Остаток на стакане смывают на фильтр чистым бензином до тех пор, пока капля фильтрата, помещённая на фильтровальную бумагу, не будет оставлять масляного пятна после испарения.
10. Остатки нефтепродукта или твердые примеси, приставшие к стенкам стакана снимают стеклянной палочкой и смывают на фильтр горячим чистым бензином (толуолом), нагретым до 40ºС (80ºС).

12. Если испытуемый продукт содержит воду, затрудняющую фильтрование, то раствор образца отстаивают от 10 до 20 мин, после чего сначала фильтруют бензиновый (толуольный) раствор, осторожно сливая его с отстоя, затем отстой разбавляют 5-15-кратным (по объему) количеством спирто-эфирной смеси и переносят на фильтр. Остаток в колбе смывают на фильтр спирто-эфирной смесью и подогретым бензином (толуолом).

1. При определении содержания механических примесей в медленно фильтрующихся продуктах допускается фильтровать раствор образца, промывать фильтрат под вакуумом и применять воронку для горячего фильтрования. Для фильтрования под вакуумом воронку для фильтрования с помощью резиновой пробки присоединяют к колбе для фильтрования под вакуумом, соединенной с насосом. Бумажный фильтр смачивают растворителем и помещают в воронку так, чтобы фильтр плотно прилегал к стенкам воронки. Воронку заполняют раствором не более, чем на 3/4 высоты фильтра, каждую новую порцию добавляют после того, как предыдущая стекла достаточно полно. При фильтровании с применением воронки для горячего фильтрования не допускается вскипания фильтруемого раствора. Бензиновый раствор допускается нагревать до температуры не более 40ºС. Толуольный раствор - не более 80°С.
2. После фильтрации фильтр с осадком при помощи промьвалки с резиновой грушей промывают подогретым до 40°С бензином до тех пор, пока на фильтре не будет следов нефтепродукта и растворитель не будет стекать совершенно прозрачным и бесцветным. При определении механических примесей в нефтях, темных нефтепродуктах и смазочных маслах с присадками и в присадках фильтр с осадком промывают толуолом, подогретым до температуры не более 80°С. При определении механических примесей в присадках и маслах с присадками при наличии на фильтре осадка, не растворяющегося в бензине и толуоле, допускается дополнительно промывать фильтр подогретой до Т 60°С спирто-толуольной смесью.
3. При определении механических примесей в нефтях, присадках и маслах с присадками допускается дополнительно промывать фильтр горячей дистиллированной водой, фильтр с осадком после промывки органическими растворителями просушивают на воздухе в течение 10-15 мин и затем промывают 200-300 см3 горячей дистиллированной водой. При определении механических примесей в нефтях промывку горячей водой ведут до отсутствия хлорид-ионов в фильтрате (отсутствие помутнения раствора). Наличие хлорид-ионов проверяют раствором азотнокислого серебра 0,1 моль/дм3.
4. По окончании промывки фильтр с осадком переносят в стаканчик для взвешивания с открытой крышкой, в котором сушился чистый фильтр. Стаканчик с фильтром с открытой крышкой сушат в сушильном шкафу при температуре (105±2)°С в течение 45 мин. Затем стаканчик закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе течение 30 мин и взвешивают с погрешностью не более 0.0002 г. Эту процедуру повторяют до получения расхождения между двумя последовательными взвешиваниями не более 0,0004 г. Повторные высушивания фильтра так же, как и последующие охлаждения, проводят в течение 30 мин.
5. Если содержание механических примесей после первого взвешивания не превышает нормы (0,005%), то фильтр до постоянной массы не доводят.

18. Массовую долю механических примесей в процентах вычисляют по формуле:



где m1 – масса стаканчика с бумажным фильтром и механическими примесями, г.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ

ГОСТ 33-2000

1. Пробу фильтруют через бумажный фильтр, при наличии поды обезвоживают безводным сульфатом натрия. Вязкие нефтепродукты перед фильтрованием подогревают до 50-100°С.
2. Чистый, сухой вискозиметр заполняют испытуемым нефтепродуктом. Вискозиметр подбирают таким образом, чтобы время истечения было не менее 200 с.
3. Заполненный вискозиметр выдерживают в термостате 20-30 мин. для достижения температурного равновесия. Нефтепродукт, находящийся в вискозиметре, должен быть погружен не менее чем на 20мм ниже уровня жидкости в бане, и не менее чем на 20мм над дном бани. Наибольшее изменение Т жидкости по длине вискозиметров и между местом расположения отдельных вискозиметров и местом расположения термометра не должно превышать 0,01 °С - при Т от 15 до 100ºС.
4. Доводят высоту столбика нефтепродукта в капилляре вискозиметра на 7мм выше первой метки, используя подсос или давление.
5. Время перемещения мениска от первой до второй метки при свободном истечении нефтепродукта определяют с точностью до 0,1 с.
6. За результат определения принимают среднее арифметическое значение не менее двух последовательных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,35% от среднего арифметического значения.

7. Определяют кинематическую вязкость по формуле:

γ = Сτ

где С - постоянная вискозиметра, мм2 /с2 ;

τ- среднее арифметическое время истечения нефтепродукта вискозиметре, с.

Результаты испытания кинематической вязкости записывают до четырёх значащих цифр и записывают температуру испытания. Результаты определения кинематической вязкости округляют до 0,01% измеренной или расчетной величины соответственно.

**Сходимость метода:** два результата определений, полученные одним исполнителем, работающим на одном и том же приборе при постоянных условиях и на одном и том же продукте, может превысить 0,35% от среднего арифметического значения только в одном случае из 20. **Воспроизводимость метода**: два результата определений, полученные разными исполнителями, работающими в разных лабораториях, на одном и том же продукте в течение длительного времени при нормальном и правильном выполнении метода испытания, может превышать 0,72% от среднего арифметического значения только в одном случае из 20.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАСТЫВАНИЯ

ГОСТ 20287-91

1. Включают воду с расходом (0,8±0,1 ) л/мин.
2. Включают тумблер на передней панели, при этом загорается индикатор давления и цифровое табло.
3. До установки в аппарат измерительной кюветы цифровое табло показывает температуру 64ºС.
4. Прогревают аппарат в течение 30 мин.
5. При включении тумблера «СЕТЬ» все световые сигналы должны быть отключены. Возможно периодическое включение и отключение красного сигнала «ПРОГРЕВ».
6. Уровень жидкости в трубке индикатора давления должен быть на 5±1 мм.вод.ст. ниже светового луча, проходящего через трубку индикатора.

7. Тумблер «ОПРОБОВАНИЕ» на задней панели аппарата должен быть выключен.

8. Промывают кювету последовательно в двух сосудах с бензином и просушивают сжатым воздухом.

1. Заливают в кювету пробу нефтепродукта до уровня на 5- 6мм ниже верхнего края кюветы.

10. В случае перелива излишек пробы удаляют фильтром.

11. Устанавливают кювету с пробой в аппарат через отверстие «КЮВЕТА» и поворачиваютручку «КЮВЕТА» на 180° до упора. На табло при этом появляется изображение текущей температуры в кювете.

12. В зависимости от характера испытуемой пробы устанавливают тумблер «ПРОБА» в положение М или ДТ.

13. Устанавливают тумблер «МЕТОД» на задней панели в положение А.

14. Нажимают кнопку «ТЕМПЕРАТУРА НАЧАЛА АНАЛИЗА» и, вращая ручку одноимённого потенциометра, устанавливают значение температуры на 3-5ºС превышающее ожидаемую температуру застывания (ТЗ).

1. Если ТЗ неизвестна, то нажимают кнопку «ТЕМПЕРАТУРА НАЧАЛА АЛИЗА», и устанавливают па цифровом табло температуру, равную +20°С.
2. Шкалу КАЛИБРОВКА устанавливают в нулевое положение.
3. Нажимают кнопку «ПУСК» и выдерживают сё в нажатом состоянии 2-3 сек., после чего отпускают. Идёт анализ.
4. После включения сигнала «КОНЕЦ АНАЛИЗА» нажимают па несколько секунд кнопку «ТЕМПЕРАТУРА ЗАСТЫВАНИЯ». Этот результат записывают в рабочую тетрадь.
5. По окончании разогрева кюветы до комнатной температуры, кювету извлекают из аппарата. Пробу сливают, а кювету промывают и просушивают для следующего анализа.

**Сходимость результатов:** расхождение между результатами определений, выполненных одним и тем же лаборантом на одном и том же аппарате, не должны превышать 3ºС.

**Воспроизводимость результатов:** результаты, полученные разными лаборантами на разных аппаратах ЛАЗ-93М считаются недействительными, если они отличаются более чем на 6°С.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА

ГОСТ 2177-99

Аналогична методике определения фракционного состава бензинов (см. **§** 1. главы II).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ ГОСТ 6307-75

Аналогична методике определения ВКЩ в бензинах (см. **§** 1. главы II).

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ НА МЕДНОЙ ПЛАСТИНКЕ ГОСТ 6321-92

Аналогична методике испытания на медной пластинке для бензинов (см. **§** 1. главы II).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ГОСТ Р 51069-97

Аналогична методике определения плотности для бензинов (см. **§** 1. главы II).

Результаты проведенного эксперимента по сравнению качества дизельного топлива разных марок приведены в табл.14.

Таблица 14

**Сравнительная характеристика качества дизтоплива разных марок**

Топливо дизельное марки « Л- 0,05-62»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | ДЗ | |
| Положенное значение по ГОСТу (ТУ) | Фактические значения по заданию |
| Определение вспышки в закрытом тигле, ºС, не ниже | 62 | 78 |
| Определение механических примесей,%, не более | Отсутствует | Отсутствует |
| Фракционный состав: |  |  |
| Перегоняется до температура 250ºС,% (об.) не более | 65,0 | 24,0 |
| Перегоняется до температура 350ºС,% (об.) не менее | 85,0 | 95,5 |
| 95ºС,% (об.) отгоняется при температуре, Сº,не выше | 360 | 350,0 |
|  |  |  |
| Плотность при 20ºС,кг/м, в пределах | Не нормируется | 846,3 |
| Плотность при 15ºС,кг/м , в пределах | 820-860,0 | 849,7 |
| Наличия водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает | выдерживает |
| Определение кинематической вязкости при 40ºС, мм/с, в пределах | 2,000-4,500 | 3,2956 |
| Определение температуры застывания | - | -20,5 |

Топливо Арктическое марки « Омскфьюел- А0,05»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | ДЗ | |
| Положенное значение по ГОСТу (ТУ) | Фактические значения по заданию |
| Определение вспышки в закрытом тигле, ºС, не ниже | 30 | 41 |
| Определение механических примесей,%, не более | Отсутствует | Отсутствует |
| Фракционный состав: |  |  |
| 50% перегоняется при температуре,ºС, не выше | 255,0 | 195,0 |
| 95% перегоняется при температуре,ºС, не выше | 340,0 | 252,0 |
| Плотность при 20ºС, кг/м | Не нормируется | 794,7 |
| Плотность при 15ºС, кг/м | 800-840,0 | 798,4 |
| Наличия водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает | выдерживает |
| Определение кинематической вязкости при 20ºС, мм/с, в пределах | 1,200-4,000 | 1,748 |
| Определение температуры застывания | - | -62,5 |

Топливо дизельное марки «З-0,05-минус 32»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | ДЗ | |
| Положенное значение по ГОСТу (ТУ) | Фактические значения по заданию |
| Определение вспышки в закрытом тигле, ºС, не ниже | 40 | 49 |
| Определение механических примесей,%, не более | Отсутствует | Отсутствует |
| Фракционный состав: |  |  |
| перегоняется при температуре 340ºС, не менее | 95,0 | 97,0 |
| Плотность при 20ºС,кг/м | Не нормируется | 818,7 |
| Плотность при 15ºС,кг/м | 800-845,0 | 822,2 |
| Наличия водорастворимых кислот и щелочей | Отсутствует | Отсутствует |
| Испытание на медной пластинке | выдерживает | выдерживает |
| Определение кинематической вязкости при 40ºС, мм/с, в пределах | 1,280-4,000 | 2,5520 |
| Определение температуры застывания | -32 | -38,7 |

Результаты показателей качества разных марок дизтоплива показали, что все исследуемые образцы соответствуют нормам ГОСТ по всем показателям.

**Глава III. Методические рекомендации по организации учебного курса «Химия нефтепродуктов» для химических специальностей**

Глава посвящена рассмотрению методических рекомендаций по организации учебного курса «Химия нефтепродукта», а так же разработке методик проведения лабораторных работ для студентов химических специальностей.

**§1. Содержание учебной программы дисциплины «Химия нефтепродуктов»**

**I. Цели и задачи дисциплины**

**Изучение дисциплины служит:**

- формированию системы знаний по предмету (основные понятия, закономерности, факты) как компонента естественнонаучной картины мира;

- формированию представлений о роли нефтепродуктов в природе, жизнедеятельности организмов, в т.ч. человека;

- привитию навыков грамотного, безопасного обращения с химическими веществами, реактивами, приборами;

- развитию личности студентов, формированию их интеллектуальной культуры и кругозора, химического стиля мышления;

- нравственному становлению личности обучающихся; формированию их экологической и валеологической культуры как комплекса знаний, умений, мышления, мировоззрения и образа жизни;

- формированию навыков самостоятельной, исследовательской деятельности; активизации творческих способностей.

**II. Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

**Студенты должны знать:**

- основные понятия химии нефтепродуктов; их роль в природе, значение как промышленных материалов, в повседневной жизни человека;

- классификацию товарных нефтепродуктов; представителей каждой группы;

- отличительные характеристики моторных топлив;

- основные химмотологические требования к моторным топливам и нефтяным маслам;

- общие методы и приемы работы в химической лаборатории, правила техники безопасности;

- основные методы исследования, использующиеся при определении основных химмотологических свойств нефтепродуктов.

**Студенты должны уметь:**

- характеризовать свойства моторных топлив и нефтяных масел;

- обращаться с химическим оборудованием, посудой, реактивами, осуществлять важнейшие приемы работы в химической лаборатории;

- проводить химический эксперимент по определению основных химмотологических свойств нефтепродуктов;

- самостоятельно работать с учебной, научной, периодической и популярной литературой (самостоятельное конспектирование, написание рефератов, докладов, мини - лекций, литературного обзора и пр.);

- представлять учебный материал вербально (защита доклада, реферата, мини-лекции, беседа и др.) и невербально (рисунки, опорные схемы и конспекты, таблицы, графики и др.);

**III. Объем дисциплины и виды учебной работы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | |
| IX | X |
| Общая трудоемкость дисциплин | 100 | 60 | 40 |
| Аудиторные занятия | 52 | 30 | 22 |
| - лекции | 20 | 10 | 10 |
| - лабораторно-практические занятия | 32 | 20 | 12 |
| Самостоятельная работа студентов:  - самостоятельное конспектирование  - подготовка докладов  - изготовление моделей, макетов,  - разработка и оформление опорных конспектов, схем, таблиц  - подготовка и проведение мини - лекций  - проведение мини - исследований  - обзор литературы  - решение задач | 48  8  8  3  6  4  6  4  9 | 30  4  4  4  4  6  4  4 | 18  4  4  3  2  5 |
| Вид итогового контроля |  | зачет | зачет |

**IV. Содержание дисциплины**

**4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел дисциплины | Количество часов | | | |
| Л | ЛР | СРС | Итого |
| 1. | Классификация товарных нефтепродуктов | 2 |  |  | 2 |
| 2. | Основы химмотологии моторных топлив и смазочных масел | 2 |  | 10 | 12 |
| 3. | Химмотологические требования и марки моторных топлив | 6 | 24 | 10 | 40 |
| 4. | Основные требования к качеству энергетических топлив и их марки | 4 |  | 10 | 14 |
| 5. | Основные химмотологические требования к нефтяным маслам | 4 | 8 | 10 | 22 |
| 6. | Основные эксплуатационные требования к некоторым нетопливным нефтепродуктам | 2 |  | 8 | 10 |

**4.2. Содержание разделов дисциплины**

**1. Классификация товарных нефтепродуктов**

Моторные топлива. Энергетические топлива. Нефтяные масла. Углеродные и вяжущие материалы. Нефтехимическое сырье. Нефтепродукты специального назначения.

**2. Основы химмотологии моторных топлив и смазочных масел**

Химмотология. Классификация и принципы работы тепловых двигателей.

**3. Химмотологические требования и марки моторных топлив**

Автомобильные и авиационные бензины: детонационная стойкость, распределение детонационной стойкости по фракциям, октановое число смешения, испаряемость автобензинов, склонность бензинов к калильному зажиганию, коррозионная стойкость бензинов.

Дизельные топлива: цетановое число, испаряемость дизельных топлив, вязкость дизельных топлив, низкотемпературные свойства, коррозионная активность, экологические свойства, топлива для тихоходных дизелей.

Реактивные топлива: испаряемость, высота некоптящего пламени, люминометрическое число, воспламеняемость реактивных топлив, прокачиваемость реактивных топлив, химическая стабильность реактивных топлив, термоокислительная стабильность, коррозионная активность реактивных топлив, марки реактивных топлив.

**4. Основные требования к качеству энергетических топлив и их марки**

Газотурбинные топлива. Котельные топлива.

**5. Основные химмотологические требования к нефтяным маслам**

Смазочная способность масел. Защитные и антикоррозионные свойства масел. Химическая стабильность масел. Вязкость и вязкостно-температурные свойства.

Моторные масла. Трансмиссионные и осевые масла. Индустриальные масла. Энергетические масла (турбинные, компрессорные, трансформаторные и цилиндровые). Присадки к маслам.

**6. Основные эксплуатационные требования к некоторым нетопливным нефтепродуктам**

Битумы: твердость, пенетрация, температура размягчения, хрупкость, растяжимость в нить (дуатильность), адгезия, температура вспышки, реология.

Нефтяной кокс.

**V. Лабораторный практикум**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Разделы дисциплины | Наименование лабораторной работы |
| 1. | Химмотологические требования и марки моторных топлив | 1. Определение свинца дитизиновым методом 2. Определение ВКЩ 3. Испытание на коррозионную стойкость на медной пластинке 4. Определение плотности и зольности 5. Определение температуры застывания 6. Определение вязкости |
| 2. | Основные химмотологические требования к нефтяным маслам | 1. Вязкость масел и определение вязкостно-температурных свойств.  2. Защитные и антикоррозионные свойства масел. |

**VI. Учебно - методическое обеспечение дисциплины**

**6.1. Рекомендуемая литература**

*а) основная*

1. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.А. Химмотология.- М., Химия. 1986.

2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение/ Под ред. В.М. Школьникова. – М., Техинформ, 1999.

3. Гуреев А.А., Азев В.С. Автомобильные бензины. Свойства и применение, - М., Нефть и газ, 1996.

*б) дополнительная*

1. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М., Техника,2001.

2. Справочник нефтепереработчика /Под ред. Г.А. Ластовкина, Б.Д. Радченко, М.Г. Рудина. – М., Химия, 1986.

**6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины**

1. Программа по курсу

2.Тесты

**7. Материально - техническое обеспечение**

1. Химическая лаборатория с общим химическим оборудованием и реактивами.

2. Приборы: система автоматического определения вязкости PVS, анализатор содержания серы в нефти и нефтепродуктах АСЭ-1, октанометр ПЭ-7300 с дополнительной программой определения цетанового числа в дизельных топливах, бомба ПЭ-7100 для определения давления насыщенных паров, газовый хроматограф Хроматэк - Кристалл 2000 М.

3. Модели, коллекции.

Программа составлена для специализации «Химическая переработка нефти и газа»

**§2. Тематика и методика проведения лабораторных работ по курсу «Химия нефтепродуктов»**

На основе апробированных методик определения показателей качества моторных топлив, приведенных во II главе, нами были модернизированы некоторые из них для использования в лабораторном практикуме курса «Химия нефтепродуктов». Приводим методики проведения этих работ.

**Определение свинца дитизоновым методом**

Выполнение анализа. Отбирают такой объем бензина, чтобы в нем содержалось 2-20 мкг свинца; пробу переносят в делительную воронку емкостью 100 мл, нейтрализуют по феноловому красному (требуемое для нейтрализации количество кислоты или щелочи определяют в отдельной порции бензина) и добавляют такое количество хлористоводородной кислоты, чтобы анализируемый раствор стал 0,01 Н по содержанию соляной кислоты. Затем экстрагируют медь титрованным раствором дитизона, добавляя его порциями по 1 мл и каждый раз встряхивая раствор в делительной воронке в течение 1-2 минут. Дают жидкости разделиться на два слоя, и сливают нижний слой органического растворителя (окрашенный дитизонатом меди в красно-фиолетовый цвет) в пробирку. Затем извлечение повторяют новой порцией дитизона так же, как в первый раз, помещая извлеченный дитизонат во вторую пробирку. Так продолжают извлечение порциями дитизона по 1 мл, собирая дитизонат каждый раз в новую пробирку, до тех пор, пока отделенный слой органического растворителя не будет окрашен в зеленый цвет (свободный дитизон). По числу пробирок, содержащих окрашенный в красно-фиолетовый цвет раствор, рассчитывают, сколько миллиметров титрованного раствора дитизона было израсходовано на извлечение. Раствор, окрашенный в смешанный серо-фиолетовый цвет, считают отвечающим 0,5 мл титрованного раствора, а если окраска этого раствора очень близка к зеленой, то раствор, содержащийся в этой пробирке, в расчет не принимают. Одновременно с выполнением определения проводят холостой опыт с дистиллированной водой, подвергая её всем операциям анализа, и результат холостого опыта высчитывают из результата определения.

Для извлечения свинца раствор нейтрализуют карбонатом натрия по феноловому красному до оранжевой окраски (рН=6,8-7,0); затем приливают к раствору 1 мл раствора гексацианоферрата II калия для связывания цинка, 2 мл раствора гидрохлорида гидроксиламина, 2 мл раствора цитрата или тартрата, перемешивают, прибавляют еще 2-3 капли фенолового красного и нейтрализуют карбонатом натрия до малинового окрашивания (рН= 8-8,5).

Затем экстрагируют свинец раствором 0,002% дитизона, порциями по 1 мл, собирая каждый раз экстракт в новую пробирку, как при определении меди. По числу пробирок, содержащих окрашенный в малиновый цвет раствор, рассчитывают, сколько миллилитров титрованного раствора дитизона было израсходовано на извлечение свинца. Раствор со смешанной окраской считают отвечающим 0,5 мл титрованного раствора; если окраска этого раствора очень близка к зеленой, то пробирку с ним в расчёт не принимают. Из найденного результата вычитают раствор холостого опыта, проведенного с чистым бензином.

Расчет.

Содержание свинца (х) в мг/л вычитают по формуле:



а - число пробирок, окрашенных в малиновый цвет (объем раствора дитизона израсходованного на извлечение свинца дитизоном);

b - число пробирок, окрашенных в холостом опыте;

Т- титр раствора дитизона (выраженный по отношению к свинцу в мкг);

V- объем анализируемого бензина, мл.

Дитизон растворяют 0,2г дитизона в 100мл хлороформа или тетрахлориде метана. Раствор сохраняют в склянке из темного стекла под слоем 1% раствора серной кислоты. В день эксперимента разбавляют раствор в 100 раз до 0,002 % концентрации.

Определение плотности нефтепродуктов

Плотность измеряется массой тела, заключенной в единице объема, ее размерность г/см .

За единицу массы принимается масса 1 см3 при температуре 4°С.

Относительная плотность представляет собой отношение плотности рассматриваемого вещества к плотности воды при 4°С и является безразмерной величиной. Вещества, масса которых меньше массы воды в данном объеме, имеют относительную плотность меньше единицы, а вещества, обладающие большей массой, чем масса воды имеют значения относительной плотности больше единицы.

Удельный вес тела равен отношению веса / силы тяжести тела к его объему. Относительный удельный вес выражает отношение веса тела к весу того же объема воды при 4ºС и является безразмерной величиной. Относительный удельный вес численно равен относительной плотности.

Плотность вещества зависит от температуры, при которой ее определяют: с повышением температуры плотность уменьшается, с понижением – увеличивается.

Плотность нефтепродуктов принято определять при температуре 20°С и относительной плотности воды при 4º С, принятой за единицу.

Относительная плотность нефтепродукта принято обозначать d204, где верхняя цифра показывает температуру нефтепродукта, нижняя температуру воды. В тех случаях, когда по условиям опыта плотность нефтепродукта определяется не при температуре 20°С, ее значение пересчитывают и приводят к нормальному значению.

Плотность характеризует состав нефтепродуктов и определяется ареометром, весами Вестфаля, пикнометром. [30]

Стандартной температурой, при которой определяется плотность нефти и нефтепродукта, является 20ºС. Для определения плотности применяют стеклянные пикнометры с меткой и капиллярной трубкой различной емкости (рис. 2). Каждый конкретный пикнометр характеризуется так называемым «водным числом», т. е. массой воды в объеме данного пикнометра при 20ºС.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Рис. 1. Пикнометры  1 – пикнометр Бирона,  2 – пикнометр с меткой,  3 – пикнометр с капилляром. |

Перед определением водного числа пикнометр промывают последовательно хромовой смесью, дистиллированной водой, этиловым спиртом и сушат. Чистый и сухой пикнометр взвешивают с точностью до 0,0002 г. С помощью пипетки наполняют пикнометр дистиллированной свежекипяченой и охлажденной до комнатной температуры водой (пикнометры с меткой заполняют по верхнему краю мениска). Пикнометр с установленным уровнем воды при 20±0,1°С тщательно вытирают снаружи и взвешивают с точностью до 0,0002 г.

Водное число m пикнометра вычисляют по формуле:

m = m2 –m1

где m1, m 2 — масса пикнометра с водой и пустого, соответственно, г.

Плотность нефти (нефтепродукта) с вязкостью при 500ºС не более 75 мм2/с определяют следующим образом. Сухой и чистый пикнометр наполняют с помощью пипетки анализируемой нефтью (нефтепродуктом) при 18-20ºС (уровень нефтепродуктов в пикнометре устанавливают по верхнему краю мениска), стараясь не замазать стенки пикнометра. Пикнометр с установленным уровнем тщательно вытирают и взвешивают с точностью до 0,0002 г.

«Видимую» (относительную) плотность ρ'анализируемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:

ρ' = 

m3 — масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г;

m1—масса пустого пикнометра, г;

m2— водное число пикнометра, г.

«Видимую» плотность пересчитывают в плотность ρ420по формуле:

ρ420 = (0,99823 – 0,0012) ρ' + 0,0012 = 0,99703 ρ '+ 0,0012

Вычисленные по этой формуле поправки к «видимой» плотности приведены в табл. 15. Для получения плотности ρ420 анализируемой нефти (нефтепродукта) поправку вычитают из значения «видимой» плотности. Расхождение между параллельными определениями плотности не должно превышать 0,0004.

Следует иметь в виду, что результаты определения плотности искажаются при наличии в исходной пробе нефти (нефтепродукта) воды и механических примесей.

Таблица 15

Поправки к «видимой» плотности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| «Видимая» плотность ρ' | Поправка | «Видимая» плотность ρ' | Поправка |
| 0.6900—0.6999 | 0.0009 | 0.8500—0.8599 | 0.0013 |
| 0.7000—0.7099 | 0.0009 | 0.8600—0.8699 | 0.0014 |
| 0.7100—0.7199 | 0.0009 | 0.8700—0.8799 | 0.0014 |
| 0.7200—0.7299 | 0.0010 | 0.8800— 0.8899 | 0.0014 |
| 0.7300—0.7399 | 0.0010 | 0.8900—0.8999 | 0.0015 |
| 0.7400—0.7499 | 0.0010 | 0.9000—0.9099 | 0.0015 |
| 0.7500—0.7599 | 0.0010 | 0.9100—0.9199 | 0.0015 |
| 0.7600—0.7699 | 0.0011 | 0.9200— 0.9299 | 0.0015 |
| 0.7700—0.7799 | 0.0011 | 0.9300—0.9399 | 0.0016 |
| 0.7800—0.7899 | 0.0011 | 0.9400—0.9499 | 0.0016 |
| 0.7900—0.7999 | 0.0012 | 0.9500—0.9599 | 0.0016 |
| 0.8000—0.8099 | 0.0012 | 0.9600—0.9699 | 0.0017 |
| 0.8100—0.8199 | 0.0012 | 0.9700—0.9799 | 0.0017 |
| 0.8200—0.8299 | 0.0013 | 0.9800—0.9899 | 0.0017 |
| 0.8300—0.8399 | 0.0013 | 0.9900—1.0000 | 0.0018 |
| 0.8400—0.8499 | 0.0013 |  |  |

где 0,99823 значение плотности воды при 20°С; 0,0012 — значение плотности воздуха при 20°С и давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.).

Определение зольности нефтепродуктов

Содержание в нефтепродукте растворенных минеральных веществ определяют по количеству золы, образующуюся при сжигании этих нефтепродуктов. Так как при определении золы в большинстве случаев не фильтруют, то зола может содержать также и твердые несгораемые примеси.

Зольность нефтепродуктов зависит от качества нефти и от условий ее переработки. Нефти, богатые кислородными соединениями (смолами и нафтеновыми кислотами), обладают наибольшей зольностью. Значительное влияние на зольность оказывает степень удаления солей при подготовке нефти к переработке и очистке нефтепродуктов. Неполное удаление отбеливающих глин при контактной очистке масел также приводит к повышенной зольности.

Повышенная зольность нефтепродуктов (исключение составляют масла и присадки) отрицательно сказывается на их эксплуатационных качествах; в котельном топливе она осложняет процесс золоудаления из топок, в моторных топливах и маслах приводит к образованию в цилиндрах двигателей твердых отложений, вызывающих повышенный износ их. В осветительном керосине засоряет фитили и т.д.

Зольность нефтепродуктов определяют сжиганием навески испытуемого нефтепродукта с помощью фитиля из бумажного беззольного фильтра и последующим прокаливанием твердого остатка до постоянного веса.

Навеску берут в зависимости от характера испытуемого нефтепродукта для масел - 25г, для смазок - около 5г.

Содержание золы рассчитывают во всех методах по разности веса пустого тигля и тигля с золой.

Для правильного определения веса золы следует строго выдерживать режим доведения тиглей (пустых и с осадками) до постоянного веса.

Содержание золы в маслах (смазках и битумах) в процентах Х3М вычисляют по формуле:



где С - вес золы в г;

m - навеска испытуемого нефтепродукта в г.

**Пример:** Навески масла 28,4174г., вес пустого тигля 8,6782г., вес тигля с золой 8,6790г.

Содержание золы в масле: (8.6790- 8,6782) 100 = 0,0028 %

28.4174

**Определение температуры застывания**

**Приборы и реактивы:** стеклянная пробирка высотой 160± 10мм и диаметром 20±1мм; стеклянная пробирка высотой 130±10мм и диаметром 40±2мм; термометры; водяная баня; штатив; серная кислота; этиловый спирт, твердый диоксид углерода.

Сущность метода заключается в предварительной термообработке пробы анализируемой нефти (нефтепродукта) с последующим охлаждением до температуры, при которой нефть теряет подвижность [16].

Обезвоженную пробу нефти наливают в сухую чистую стеклянную пробирку высотой 160±10мм и диаметром 20±1мм до кольцевой метки (на расстоянии 30мм от дна пробирки) так, чтобы она не растеклась по стенкам пробирки. Затем в пробирку с помощью пригнанной корковой пробки вставляют соответствующий термометр (по предполагаемой температуре застывания). При этом термометр должен проходить по оси (середине) пробирки, а его резервуар находиться на расстоянии 8-10мм от дна пробирки. Неподвижность термометру придает корковая пробка, надетая примерно на середину нижней части термометра.

Пробирку с анализируемой нефтью и термометром помещают в водяную баню и термостатируют при 50±1°С, пока нефть не примет эту температуру. Затем пробирку вынимают из бани, вытирают насухо и вставляют с помощью корковой пробки в пробирку - муфту высотой 130±10мм и диаметром 40±2мм. Если температура застывания анализируемой нефти ниже 0°С, то в пробирку - муфту предварительно наливают 0,5-1,0 мл серной кислоты. Осушитель в пробирке-муфте необходим для поглощения влаги из воздуха и предупреждения появления росы на стенках при охлаждении. Собранный прибор закрепляют в штативе в вертикальном положении. Когда анализируемая нефть охладится до 35±5°С, прибор опускают в охлаждающую смесь, в качестве которой применяют этанол с твердым диоксидом углерода или другие реагенты, обеспечивающие необходимую температуру. Температура охлаждающей смеси должна быть на 5°С ниже предполагаемой температуры застывания нефти. Температуру охлаждающей смеси поддерживают с точностью ±1°С.

Когда анализируемая нефть примет предполагаемую температуру застывания, прибор наклоняют под углом 45° и выдерживают в таком положении, не вынимая из охлаждающей смеси, в течение 1 мин. Затем прибор вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают и наблюдают за смещением мениска анализируемой нефти. Если мениск нефти сместиться, то пробирку с нефтью отсоединяют от пробирки - муфты и снова нагревают на водяной бане до 50±55ºС. Новое определение проводят при температуре на 4°С выше предыдущей. Анализ продолжают до тех пор, пока при некоторой температуре мениск нефти не перестанет смещаться.

Установив границу температуры застывания анализируемой нефти с точностью до 4°С, определение повторяют, снижая или повышая температуру испытания на 2°С. Исследование продолжают до тех пор, пока мениск нефти не перестанет смещаться. Зафиксированная при этом температура и есть температура застывания анализируемой нефти. При повторном (проверочном) испытании при температуре на 2°С выше установленной температуры застывания мениск нефти должен смещаться.

Для определения температуры застывания нефти проводят два параллельных испытания. Второе испытание проводят при температуре на 2°С выше установленной в первом испытании.

Среднее арифметическое результатов двух параллельных испытаний принимают за температуру застывания анализируемой нефти (нефтепродукта).

Расхождения между результатами не должны превышать 2°С

**Определение ВКЩ**

Данный метод распространяется на жидкие нефтепродукты, присадки, пластичные смазки, парафины, церезины, восковые составы и устанавливает метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей в них [16].

Сущность метода заключается в извлечении водорастворимых кислот и щелочей из нефтепродуктов водой или водным раствором спирта и определении величины pH полной вытяжки рН - метром или реакции среды с помощью индикаторов.

Приборы, реактивы, материалы:

- pH - метр любого типа с погрешностью измерения не более 0,1 рН;

-лабораторная посуда: пробирки, стаканы, колба коническая, воронка, цилиндры, чашка выпарительная, шпатель, пипетки;

* бензин авиационный марки Б-70 или нефрас - С 50/170 по ГОСТ 8505-80;
* вода дистиллированная с рH 6-8, проверенная на нейтральность;

- спирт этиловый ректификованый технический, разбавленный 1:1 дистилированной водой, проверенной на нейтральность;

- фенолфталеин (индикатор), 1%-ный раствор в 60%-ном этиловом спирте;

-метиловый оранжевый (индикатор), 0.02%-ный водный раствор; Бумага фильтровальная лабораторная.

Подготовка пробы испытуемого нефтепродукта. Пробу испытуемого нефтепродукта перемешивают встряхиванием в течение 5 мин в склянке, заполненной не более чем на 1/3 ее вместимости. Вязкие и парафинистые нефтепродукты предварительно нагревают до 50-60°С, а высокоплавкие составы до температуры на 10°С выше температуры плавления.

Дистиллированную воду, бензин и спирт необходимо проверить на нейтральность по метиловому оранжевому и фенолфталеину или при помощи рН - метра.

Проведение испытания. При испытании жидких нефтепродуктов в делительную воронку наливают 50 см3 испытуемого нефтепродукта и 50 см3 дистиллированной воды, нагретых до 50-60°С. Легкие нефтепродукты (бензин, лигроин и т.д.), а также продукты, в которых могут образовываться водорастворимые кислоты и щелочи в результате гидролиза, не нагревают.

Если вязкость нефтепродукта более 75 сСт при 50°С, то его предварительно смешивают при комнатной температуре с 50 см3 бензина. Затем добавляют 50см дистиллированной воды, подогретой до 50-60°С.

Содержимое делительной воронки слегка взбалтывают в течение 5 мин, не допуская образования эмульсии. После отстоя нижний водный слой сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу,

При испытании пластичных смазок, парафинов, церезинов и восковых составов в фарфоровую чашку или коническую колбу берут 50г предварительно расплавленной пробы, взвешенной с погрешностью не более 0,01г. Затем туда наливают 50 см3 дистиллированной воды, нагревают содержимое до полного расплавления и перемешивают стеклянной палочкой или встряхиванием.

После охлаждения до комнатной температуры отделившийся нижний водный стой осторожно сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу. Затвердевшие продукты (парафины, церезины и др.) предварительно прокалывают стеклянной палочкой.

При испытании присадок в измерительный цилиндр наливают 10 см3 испытуемой присадки и 40 см3 бензина. Полученный раствор переносят в делительную воронку, туда же добавляют 50 см3 подогретой до 50-60°С дистиллированной воды. Содержимое делительной воронки взбалтывают в течение 5 мин. После отстоя отделившийся нижний водный слой сливают через воронку с бумажным фильтром в коническую колбу. Если при смешивании нефтепродукта с водой образуется эмульсия, то водорастворимые кислоты и щелочи экстрагируют, обрабатывая нефтепродукт спиртовым раствором (1:1), нагретым до 50-60°С (вместо дистиллированной воды).

В полученных вытяжках определяют наличие водорастворимых кислот и щелочей по величине рН или с помощью индикаторов. Для определения наличия водорастворимых кислот и щелочей по величине рН в стаканчик 35-50 см3 вытяжки, погружают электроды на глубину 10-12 мм и замеряют величину рН в соответствии с требованиями по эксплуатации рН - метра.

Отсутствие и наличие водорастворимых кислот и щелочей в водной или водно - спиртовой вытяжке нефтепродуктов устанавливают по табл. 15.

Для определения наличия водорастворимых кислот и щелочей с помощью индикаторов в две пробирки помещают по 1-10 см5 вытяжки.

В одну из пробирок помещают две капли раствора метилового оранжевого и сравнивают цвет вытяжки с цветом такого же объема дистиллированной воды, в которую добавляют две капли раствора метилового оранжевого, налитой в третью пробирку. Окрашивание вытяжки в розовый цвет указывает па наличие в испытуемом нефтепродукте водорастворимых кислот. Во вторую пробирку прибавляют три капли раствора фенолфталеина. Окрашивание раствора в розовый или красный цвета указывает на наличие водорастворимых щелочей. Нефтепродукт считается не содержащим водорастворимых щелочей или кислот при отсутствии розового или красного окрашивания вытяжки от фенолфталеина или метилового оранжевого индикатора.

Два результата испытания, полученные в разных лабораториях на одной и той же пробе продукта, признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождения между ними не превышают значений, приведенных в табл. 15. Таблица 16

Значения сходимости и воспроизводимости результатов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика водной вытяжки нефтепродукта | рН | Сходимость, рН | Воспроизводи- мость, рН |
| Кислая | До 4,0 | 0,2 | 1,9 |
| Слабокислая | 4,0-6,0 | 0,3 | 1,9 |
| Отсутствие водорастворимых кислот и щелочей | 6,0-8,0 | 0,3 | 1,9 |
| Слабощелочная | 8.0-10,0 | 0,3 | 1,9 |
| Щелочная | Св. 10,0 | 0,3 | 1,9 |

**Определение кинематической вязкости** (ГОСТ 33—82)

Приборы: вискозиметр стеклянный типа ВПЖТ, ВИЖТ или ВПЖ. ВНЖ, термостат, резиновая трубка, водоструйный насос или резиновая груша, секундомер.

Сущность метода заключается в измерении времени исте­чения определенного объема испытуемой жидкости под влия­нием силы тяжести. Испытание проводят в капиллярных стек­лянных вискозиметрах. Для проведения анализа подбирают вискозиметр с таким диаметром капилляра, чтобы время исте­чения жидкости составляло не менее 200 с. При этом исполь­зуют вискозиметры типов ВПЖТ-1, ВПЖТ-2. ВНЖТ (ГОСТ 10028—81). Допускается использование вискозиметров типов ВПЖ:1, ВПЖ-2, ВПЖ-4, ВНЖ (ГОСТ 10028—81). В лабора­торной практике наиболее распространены вискозиметры Пинкевича типа ВПЖТ-4 и ВПЖТ-2 (рис.1).

Чистый сухой вискозиметр заполняют нефтью (нефтепродук­том). Для этого на отводную трубку 3 надевают резиновую трубку. Далее, зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в со­суд с нефтью (нефтепродуктом) и засасывают нефть (нефтепро­дукт) с помощью резиновой гру­ши, водоструйного насоса или иным способом до метки М2, следя за тем, чтобы в нефти (нефтепродукте) не образова­лось пузырьков воздуха. Выни­мают вискозиметр из сосуда и бы­стро возвращают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток нефти (нефтепродукта) и на­девают на его конец резиновую трубку.

Вискозиметр устанав­ливают в термостат (баню) так, чтобы расширение 4 было ниже уровня нефти (нефтепродукта). После выдержки в термостате не менее 15 мин засасывают нефть (нефтепродукт) в колено 1, примерно до 1/3 высоты расширения 4. Соединяют колено 1 с атмосферой и определяют время перемещения мениска нефти (нефтепродукта) от метки М1 до М2(с погрешностью не более 0,2с). Если результаты трех последовательных измерений не отличаются более чем на 0,2%, кинематическую вязкость ν, мм2/с, вычисляют как среднее арифметическое по формуле:

ν = Сτ,

где С - постоянная вискозиметра, мм2/с2; τ — среднее время истечения нефти (нефтепродукта) в вискозиметре, с.

Динамическую вязкость η, мПа∙с, исследуемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:

η = ν ∙ρ

где ν — кинематическая вязкость, мм2/с; ρ — плотность при той же темпера­туре, при которой определялась вязкость, г/см3.

Допускаемые расхождения последовательных определений кинематической вязкости от среднего арифметического значе­ния не должны превышать следующих значений: [30]

Температура измерения, ºС -60 -30 -30 -15 15 - 10

Допустимые расхождения, % ±2,5 ±1,5 ±1,2

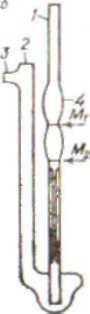


Рис.2. Вискозиметр Пинкевича типа ВПЖТ

**Заключение**

На основе литературных данных в работе представлен обзор эксплуатационных свойств автомобильных бензинов и дизельных топлив, описание норматива их качества, а так же ряд методик, используемых в лабораториях промышленных нефтеперерабатывающих предприятий для определения качества бензинов и дизельного топлив разных марок.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Химия нефтепродуктов – одна из актуальных областей органической химии, развитие которой неотъемлемо связано с всё возрастающим экономическим и геополитическим значением энергоресурсов.
2. Из всех исследуемых марок моторных топлив лучшим по качеству является бензин марки «Премиум-евро-95». Все марки дизельного топлива соответствуют нормам ГОСТ.
3. На основе апробированных методик исследования химмотологических свойств нефтепродуктов был составлен лабораторный практикум дисциплины «Химия нефтепродуктов», включающий следующие лабораторные работы:

- определение свинца дитизоновым методом ;

- определение плотности нефтепродуктов;

- определение зольности нефтепродуктов;

- определение кинематической вязкости;

- определение водорастворимых кислот и щелочей и другие.

**Библиография**

1. Алексеев С.В. Практикум по технологии производства бензина и дизельного топлива. – Санкт-Петербург: АО КРИСМАС +, 2005.
2. Баранник В.П. Жидкости, которые заливают в автомобили. – М.: Издательство стандартов, 2002.
3. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. – М.: Химия, 1980.
4. Вандяк И.Ф. Химия. Учебник для ВУЗов. - М.: Стройиздат, 2001.
5. Гоголев В. Дизельное топливо: за и против. Клаксон. – 2003. - № 3.
6. Гоголев В. Экологические проблемы при использовании различных марок бензина. – М.: Издательство стандартов, 2000.
7. Гуреев А.А., Азев В.С. Автомобильные бензины. Свойства и применение. – М.: Нефть и газ, 1996.
8. Гуреев А.А., Жоров Ю.М., Смидович Е.В. Производство высокооктановых бензинов. – М.: Химия, 1981;
9. Гуреев А.А. Применение автомобильных бензинов. – М.: Химия, 1972.
10. Гуреев А.А., Серегин Е.П., Азев B.C.Квалификационные методы испытаний нефтяных топлив. – М.: Химия, 1984
11. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. – М.: Химия, 1986.
12. Егоров Е. Бензины. – М.: Издательский центр Техинформ, 2003.
13. Емельянов В.Е. Автомобильные бензины с улучшенными экологическими свойствами. Химия и технология топлив и масел. – 1995. - № 2.
14. Емельянов В.Е. Все о топливе. – М.: Астрель, 2003.
15. Кондрашева Н.К., Ахметов А.Ф. Судовые топлива. – Уфа: Гилем, 2001.
16. Кондрашева Н.К., Рахимов М.Н., Кондрашев Д.О. Методы исследований химмотологических и экологических свойств моторных топлив. Лабораторный практикум по химмотологии и экологии. - Уфа: Нефтегазовое дело, 2008.
17. Куров Б. В XXI век на экологически чистом автомобиле. Авторевю. – 2002. - №7.
18. Митусова Т.Н., Е.В. Полина, М.В. Калинина. Современные дизельные топлива и присадки к ним. — М.: Издательство «Техника» ООО «ТУМА ГРУПП», 2002.
19. Новоселов В.Ф. Контроль количества и качества нефтепродуктов. – М.: Химия, 1994.
20. Овчинников А.В. Сравнительная характеристика бензинов, производимых в России и других странах. - М.: Издательский центр Техинформ, 2005.
21. Романов И.А. Производство бензина. - М.: Стройиздат, 2006.
22. Саблина З.А. Лабораторные методы оценки свойств моторных и реактивных топлив. – М.: Химия, 2007.
23. Спиркин В.Г. Химмотология топлив. – М.: Химия, 2002.
24. Теоретические основы химмотологии. Под ред. А.А. Браткова. М.: Химия, 1987.
25. Товарные нефтепродукты. Справочник под ред. В.М. Школьникова. – М.: Химия, 1978.
26. Топливо дизельное автомобильное (EN 590) ТУ 38.401-58-296-2001.
27. Топлива,смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Т 581 Справочник: И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Издательский центр Техинформ, 1999.
28. Фукс Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов. – М.: Химия, 2003.
29. Фукс И. Г, Спиркин В. Г., Шабалина Т. Н., Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле. – М.: Химия, 2006.
30. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учебное пособие для вузов. Д.И. Дияров, И.Ю. Батуев, А.Н. Садыков, Н.Л. Солодов.- Л.: Химия, 1990.
31. Шашина Т.П. Нефтепродукты. – М.: Химия, 1977.
32. [www.greytek.ru\article\quality\](http://www.greytek.ru\article\quality\).
33. [www.soctrade.com](http://www.soctrade.com).