Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра энергетических средств и технического сервиса

А.Л. Бирюков

ТОПЛИВО
И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
35.03.06 – Агроинженерия

Вологда – Молочное
2023

УДК 665.75:621.89 (071)
ББК 31.35:30.82 р 30
Б64

Рецензенты:
канд. техн. наук, доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса
Е.А. Берденников,
канд. техн. наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе
Н.Н. Кузнецов

Бирюков А.Л.

Б64 Топливо и смазочные материалы **:** учебно-методическое пособие / А. Л. Бирюков. – Вологда–Молочное : ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023. – 67 с.

ISBN 978-5-98076-316-

Составлено в соответствии с требованиями программы курса «Топливо и смазочные материалы» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия.

В пособии представлен краткий теоретический материал по курсу, методика и порядок выполнения лабораторных работ.

Рекомендовано методическим советом академии в качестве учебно-методического пособия и печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА.

УДК 665.75:621.89 (071)
ББК 31.35:30.82 р 30

ISBN 978-5-98076-316-

© Бирюков А.Л., 2023
© ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023

Общие правила выполнения лабораторных работ по дисциплине

1. Прежде чем приступать к выполнению лабораторных работ каждый студент должен ознакомиться с правилами техники безопасности, противопожарной безопасности и расписаться в журнале инструктажа по технике безопасности. Студенты, не выполнившие это условие, не допускаются к выполнению лабораторных работ.

2. Каждая лабораторная работа выполняется звеном, состоящим из 2–4 студентов.

3. До практического выполнения каждой лабораторной работы студент обязан внимательно изучить теоретические основы, применяемое оборудование, порядок выполнения работы.

4. Все работы выполняются в лаборатории топлива и смазочных материалов под контролем преподавателя и обязательно в присутствии лаборанта.

5. Студенты обязаны бережно относиться к используемому оборудованию, рационально расходовать нефтепродукты и химические вещества.

6. По завершении выполнения лабораторной работы необходимо навести порядок на рабочем месте, слить остатки жидкостей в специальную емкость, очистить и вымыть лабораторную посуду и приборы.

7. Каждым студентом должен быть представлен отчет по выполненной лабораторной работе. Отчет должен содержать номер и название работы, цель, список применяемого оборудования и материалов, краткое содержание теоретической части, методику проведения работы, результаты, представленные в виде текста или таблично, подробный вывод по полученным результатам. Вывод обязательно должен содержать заключение о качестве исследуемого нефтепродукта, рекомендации по его применению.

8. В конце цикла отчеты по выполненным работам предъявляются преподавателю и должны быть защищены студентом.

Техника безопасности и противопожарные мероприятия при выполнении лабораторных работ по дисциплине

Мероприятия по технике безопасности.

В лаборатории по исследованию топлива, смазочных материалов и технических жидкостей приходится работать с ядовитыми веществами, огнем, взрыво- и огнеопасными соединениями. Поэтому необходимо строго соблюдать правила личной и противопожарной безопасности.

Все нефтепродукты огне- и взрывоопасны, пары их ядовиты, они могут поражать органы дыхания и кожу. Ядовиты и различные органические растворители: бензол, хлороформ, четыреххлористый углерод и др. Щелочи и кислоты, применяемые для анализов, вызывают ожоги кожи и слизистых оболочек. В термометрах, манометрах и вакуумметрах находится ртуть, которая при попадании в кровь и органы дыхания вызывает сильные отравления. Очень ядовит этилированный бензин.

Правила личной безопасности заключаются в следующем:

• при работе с кислотами и щелочами следует пользоваться резиновыми перчатками и защитными очками;

• запрещается применять этилированный бензин для мытья рук и посуды и использовать его как растворитель. Остатки этилированного бензина после работы следует выливать в специальную посуду. Наполнять пипетки этилированным бензином следует при помощи резиновой груши, а не ртом. После работы с этилированным бензином лицо и руки нужно вымыть теплой водой с мылом;

• категорически запрещается принимать пищу во время работы в лаборатории, пить воду из лабораторной посуды.

Противопожарные мероприятия.

Во время выполнения работ необходимо соблюдать следующие правила противопожарной безопасности:

• при выполнении работ, связанных с нагреванием воспламеняющихся жидкостей, нельзя оставлять приборы без наблюдения;

• для нагревания легковоспламеняющихся жидкостей следует пользоваться водяной баней, закрытой электроплиткой или песочной ванной;

• остатки нефтепродуктов и растворителей нужно сливать только в специальные емкости;

• по окончании работ рабочее место следует привести в порядок: выключить газовые горелки и нагревательные приборы, воду, убрать образцы нефтепродуктов и растворители.

В случае воспламенения нефтепродукты не заливают водой, а применяют углекислотные огнетушители и кошму. Все огнеопасные вещества, находящиеся вблизи очага пожара, немедленно убирают. Нагревательные приборы, газовые горелки, приточно-вытяжную вентиляцию быстро отключают.

Оказание первой помощи. При отравлении парами бензола, бензина или керосина пострадавшего немедленно выводят или выносят на свежий воздух. При ослаблении дыхания или обморочном состоянии дают нюхать нашатырный спирт, а если дыхание остановилось, немедленно начинают делать искусственное дыхание.

При попадании этилированного бензина на кожу пораженное место немедленно многократно промывают керосином или чистым бензином, а затем теплой водой с мылом.

При попадании этилированного бензина на одежду ее снимают, проветривают на свежем воздухе в течение 1...2 ч, а затем тщательно стирают.

При попадании этилированного бензина в желудок его немедленно промывают, а если это невозможно, дают пострадавшему выпить как можно больше теплого молока или 10…15%-ного раствора магнезии.

При раздражении нефтепродуктами слизистых оболочек глаз их промывают 2%-ным раствором соды.

При ожоге кожи щелочами пораженное место промывают слабым раствором уксусной кислоты.

При ожоге кислотой кожу промывают большим количеством воды, а затем слабым раствором соды или нашатырного спирта.

В случае порезов, особенно стеклянными предметами, необходимо осторожно удалить осколки, смазать края раны йодом и перевязать стерильным бинтом.

Лабораторная работа 1
Исследование фракционного состава бензина

Цель работы – освоить методику определения фракционного состава топлива и определить эксплуатационные характеристики бензина по результатам исследований.

Оборудование и материалы:

1) стандартный прибор для разгонки нефтепродуктов,
2) мерный цилиндр на 100 $см^3$ с ценой деления 1 $см^3$,
3) мерный цилиндр на 10 $см^3$ с ценой деления 0,1 $см^3$,
4) колба на 200 $см^3$ с отводной трубкой,
5) термометр стеклянный ртутный по ГОСТ 400 типа ТИН 4-1 и ТИН 4-2 с диапазоном -2…+300°С,
6) секундомер,
7) барометр.

Основные теоретические сведения.

Бензины представляют собой сложную смесь ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов, выкипающих в пределах от 30 до 205°С. Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к бензинам, являются высокие карбюрационные свойства, обеспечивающие горючую смесь, на которой двигатель устойчиво работает при всех эксплуатационных режимах.

Образование горючей смеси определяется главным образом испаряемостью бензина. Испаряемость характеризуется фракционным составом и давлением насыщенных паров топлива. Поэтому фракционный состав является важнейшим показателем автомобильного бензина, позволяющем судить о его качестве.

Фракционный состав нефтепродуктов определяют согласно ГОСТ 2177–99. Фракционный состав оценивается по температурам выкипания отдельных фракций топлива и нормируется пятью характерными температурами: начала перегонки, перегонки 10%, 50 и 90% объема бензина и конца кипения. По

фракционному составу бензина можно судить о легкости пуска двигателя, времени его прогрева, приемистости и некоторых других эксплуатационных показателях.

Сущность определения фракционного состава бензина сводится к следующему. Испытуемое топливо нагревается в специальном аппарате для разгонки нефтепродуктов, образующиеся при кипении отдельных фракций пары поступают в холодильник, где конденсируются и в виде жидкости поступают в мерный цилиндр.

При этом в первую очередь выкипают самые легкие фракции, а затем, по мере нарастания температуры, более тяжелые. Во время разгонки записывают значения температур выкипания отдельных частей топлива и строят кривую перегонки.

Содержание низкокипящих углеводородов в автомобильных бензинах контролируется тремя показателями: температурой начала кипения, температурой перегонки 10% бензина и давлением насыщенных паров.

О пусковых свойствах топлива можно судить по температурам начала перегонки и перегонки 10% бензина (пусковая фракция). Чем ниже температура выкипания этих фракций, тем более легкие углеводороды содержатся в топливе и тем легче осуществить пуск двигателя. Для нормального пуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10% топлива выкипало при температуре не более: для зимних бензинов – 55…60°С, для летних – 70…75°С.

Зная температуру выкипания 10% топлива, можно определить значение минимальной температуры окружающей среды для гарантированного пуска двигателя. Температура окружающей среды при этом находится по формуле:

$$t_{В} = 0{,}5 \cdot t_{10\%} - 50{,}5. \qquad (1)$$

Температура начала кипения для летних сортов должна быть по ГОСТ Р 51105–97 не менее 35°С, а для зимних сортов бензина не лимитируется. Летние сорта бензина должны иметь давление насыщенных паров не выше 70…80 кПа, а зимние – 95…100 кПа.

Применение зимнего бензина в летнее время может привести к образованию паровых пробок в системе питания, особенно во время стоянки с неработающим «горячим» двигателем. Паровые

пробки препятствуют прохождению топлива по магистралям и, как следствие, затрудняют работу или пуск двигателя.

Запрещается также применение летнего бензина зимой. Вследствие относительно низкого содержания в летнем бензине легкокипящих фракций затрудняется пуск холодного двигателя, ухудшаются его динамические качества и увеличивается износ цилиндропоршневой группы.

Температура выкипания 50% топлива характеризует скорость прогрева и приемистость (плавность перехода с одного режима работы на другой) двигателя. Она должна быть не более 100…105°С для зимних бензинов, и не более 115…120°С для летних бензинов.

Температура выкипания 90% топлива (рабочая фракция) характеризует полноту испарения топлива в двигателе. Температура выкипания этой фракции должна быть не более 160…170°С для зимних бензинов и не более 185…190°С для летних.

Фракции бензина в диапазоне от 10 до 90% выкипания называются рабочими.

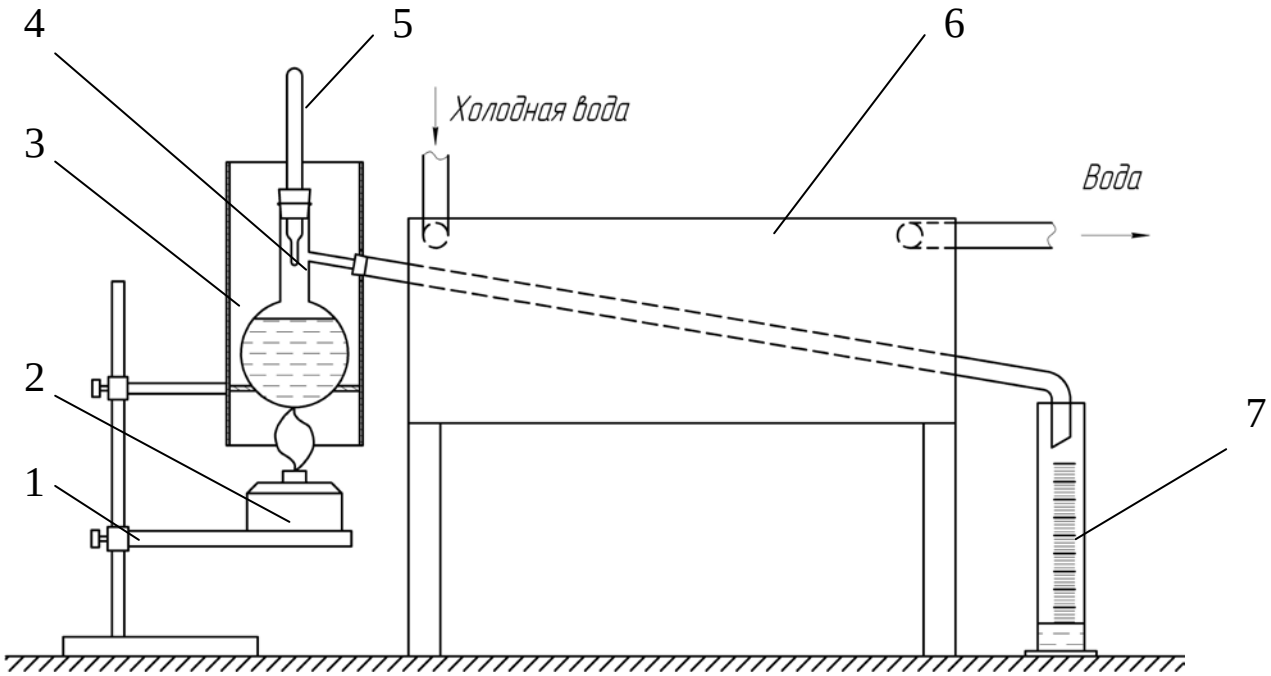
Температура конца кипения позволяет судить о ряде определяющих свойств топлива. Тяжелые углеводороды бензина, выкипающие в диапазоне от 90°С до конца кипения, называют концевыми (хвостовыми) фракциями и являются крайне нежелательными. При высокой температуре выкипания наиболее тяжелые (хвостовые) фракции топлива не успевают испариться и остаются в виде капель жидкости, которые оседают на стенках цилиндра, смывают с них смазку, разжижают моторное масло, вызывают повышенное нагарообразование, а также выбрасываются в окружающую среду. Все это приводит к усиленному износу, снижению мощности и ухудшению экономичности двигателя, оказывает негативное влияние на экологию. Температура конца кипения не должна быть выше 215°С для всех сортов бензинов.

При исследовании фракционного состава обычно строят кривую разгонки топлива, по осям которой отмечены температура и количество отогнанного нефтепродукта в %. Чем однороднее углеводородный состав бензина, тем более круто поднимается кривая разгонки в своей средней части. При таком характере

кривой обеспечивается хорошая приемистость, устойчивость и экономичность работы двигателя на всех эксплуатационных режимах.

Таким образом, чем ниже температуры перегонки различных фракций, тем лучше соответствующие свойства бензина, однако температуры начала кипения и перегонки 10%-ной фракции не должны быть ниже значений, указанных ранее, для предотвращения образования паровых пробок, значительных потерь и высокой опасности при хранении.

При определении фракционного состава бензина применяют аппарат для разгонки нефтепродуктов, изображенный на рис. 1.



Р и с. 1. Схема аппарата для определения фракционного состава нефтепродуктов:
1 – штатив; *2* – горелка; *3* – кожух; *4* – колба с отводной трубкой; *5* – термометр; *6* – холодильник; *7* – мерный цилиндр

Порядок выполнения работы:

1) Перед проведением исследований образец нефтепродукта отстаивают и фильтруют.

2) Сухим и чистым градуированным цилиндром *7* отмеривают 100 мл испытуемого топлива и осторожно переливают его в охлажденную колбу *4* прибора так, чтобы жидкость не попала в пароотводную трубку колбы. Для равномерного кипения по всему объему в колбу помещают 2-3 кусочка пемзы (пористое

вещество). В шейку колбы через плотно установленную пробку вставляют термометр *5* так, чтобы верх ртутного шарика находился на уровне нижнего края отводной трубки колбы, а ось термометра совпадала с осью шейки колбы.

3) Колбу с топливом устанавливают на асбестовую прокладку кожуха *3* и соединяют ее отводную трубку с входным концом трубки холодильника 6 при помощи плотно пригнанной пробки. При этом отводная трубка должна входить в трубку холодильника на 25…40 мм и не касаться ее стенок.

4) Градуированный измерительный цилиндр *7* для сбора отгоняемых фракций устанавливают под открытый выходной конец трубки холодильника.

5) Начинают опыт. Равномерно нагревают колбу газовой или спиртовой горелкой так, чтобы первая капля отогнанного топлива из трубки холодильника упала в цилиндр в течение 5…10 минут после начала нагревания.

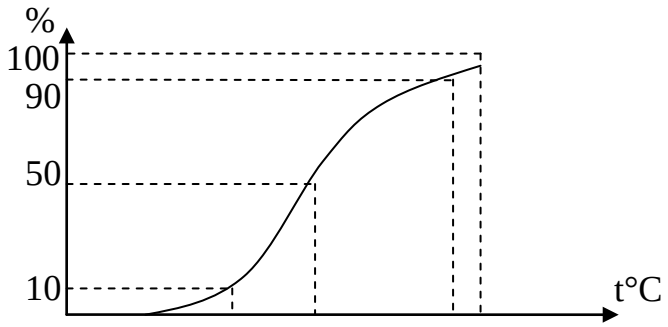
6) Записывают температуру, при которой падает первая капля в мерный цилиндр – температуру начала кипения. Далее перегонку ведут с постоянной скоростью 4-5 мл топлива в минуту. Через каждые 10 мл отогнанного в цилиндре топлива записывают температуру.

7) Температурой конца кипения топлива считают температуру, при которой со дна колбы испаряются последние капли и в колбе появляются клубы белого дыма. Записывают температуру конца кипения и прекращают нагрев.

8) После окончания опыта дают колбе охладиться, а остаткам жидкости стечь из трубки холодильника в цилиндр в течение 5 минут. Обычно отгоняется около 96% топлива. Охлажденный остаток из колбы сливают в измерительный градуированный цилиндр вместимостью 10 мл, замеряют остаток и записывают результат.

9) Записывают потери на испарение. Потерями на испарение считается разность между 100 мл взятого топлива и суммой отгона в цилиндре и остатка. По количеству потерь можно судить о содержании легкоиспаряющихся углеводородов в топливе.

10) По полученным во время опыта данным строится кривая разгонки топлива (рис. 2), на которой отмечаются характерные точки: начала перегонки; перегонки 10%; 50%; 90% объема бензина; конца кипения.



Р и с. 2. Кривая фракционной разгонки бензина

11) Делается обоснованное заключение о качестве и эксплуатационных характеристиках исследуемого бензина.

Лабораторная работа 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРОСТЕЙШИМИ МЕТОДАМИ

Цель работы – изучить методику определения качества топлив и масел, используемых в технике простейшими методами, по результатам исследований сделать заключение о качестве нефтепродуктов и рекомендации по их применению.

Оборудование и материалы:

1) раствор йода 10%-ный,
2) марганцовокислый калий,
3) бумага фильтровальная,
4) кусочки плоского стекла,
5) испытуемые нефтепродукты: бензин, дизельное топливо, моторное масло.

Основные теоретические сведения.

В процессе транспортировки и хранения нефтепродукты могут терять свои первоначальные свойства: они окисляются, из них испаряются наиболее легкие фракции, происходит накопление воды и механических примесей. Нефтепродукты не соответствующие требованиям стандартов не пригодны для применения. Они должны быть заменены или подлежат очистке. Поэтому непосредственно перед применением нефтепродуктов необходимо производить проверку их качества. Это может быть выполнено в стационарной лаборатории нефтепродуктов, при помощи ручных лабораторий РЛ, ПЛ-2М или простейшими методами.

Простейшими методами можно оценить следующие свойства нефтепродуктов: цвет, запах, прозрачность, испаряемость, наличие воды и механических примесей, наличие в бензинах этиловой жидкости, наличие непредельных углеводородов, определение фактических смол, определение вязкости.

Дизельные топлива в сравнении с бензинами на вид обладают более темным цветом, более густые, маслянистые жидкости. По цвету топлива можно судить о наличии в нем растворенных смол и содержании этиловой жидкости. Неэтилированные бензины, полученные прямой перегонкой, обычно бесцветны, полученные в процессе крекинга – слегка желтоватые. Дизельные топлива имеют окраску от желтого до светло-коричневого. Чем темнее топливо, тем большее количество смол оно содержит.

Смолистые вещества могут накапливаться в топливе при хранении, интенсивность их накопления зависит от содержания в нефтепродуктах непредельных углеводородов. Топлива, содержащие большое количество непредельных углеводородов, обладают плохой стабильностью и не подлежат длительному хранению: в результате реакции окисления, конденсации и полимеризации непредельных углеводородов в таких топливах происходит накопление смолисто-асфальтовых веществ и органических кислот. Смолистые вещества ухудшают процесс сгорания, приводят к образованию отложений на стенках топливных баков, топливопроводов, уменьшают проходные сечения жиклеров, форсунок, приводят к накоплению осадка, к повышенному нагарообразованию в камере сгорания. Кислоты увеличивают коррозийный износ деталей двигателя.

Наличие фактических смол определяют путем сжигания 1 мл образца топлива на сферическом стекле. После полного сгорания образца по цвету и диаметру пятна приближенно определяют содержание смол в топливе. Чем больше смол содержится в топливе, тем темнее пятно и больше его диаметр.

В настоящее время выпускаются неэтилированные бензины. Однако необходимо контролировать содержание этиловой жидкости в топливах. Этиловая жидкость увеличивает содержание токсичных веществ в отработавших газах двигателя, наносит вред здоровью людей, работающих с таким бензином, приводит к выходу из строя каталитических нейтрализаторов современных

двигателей оборудованных системами впрыска топлива. Этиловая жидкость применялась для повышения детонационной стойкости бензинов. Такие бензины обычно окрашивали в розово-красный или сине-зеленый цвета для предупреждения об их ядовитости.

По запаху бензина можно судить о наличии в нем тяжелых углеводородов (например, бензола), а иногда и о способе производства топлива. Бензин имеет резкий запах. У дизельного топлива он значительно менее резкий или почти отсутствует. Прямогонные бензины и керосины имеют свой специфический запах. Топлива, которые содержат продукты термического крекинга, имеют характерный резкий и неприятный запах. Резким запахом обладают бензины, имеющие в своем составе большое количество ароматических углеводородов. Например, при добавлении бензола, запах которого легко запоминается и легко определяется даже в различных смесях топлива.

Прозрачные нефтепродукты обладают однородной фазовой структурой, поэтому не должны быть мутными. Мутность топлива говорит о наличии воды или высокой температуры застывания образца. Если топливо мутное при комнатной температуре, это говорит о содержании в нем мельчайших капель воды, если же мутность появляется только при понижении температуры до минус 5°С – о большом содержании парафиновых углеводородов, которые при данной температуре переходят в твердую фазу (выпадают в кристаллы). Такое топливо нельзя применять в зимнее время года, так как при этом ухудшается фильтруемость и текучесть нефтепродукта, вплоть до прекращения топливоподачи.

Определить содержание воды и механических примесей в топливе можно путем отстаивания. Определение воды в масле проводят путем нагрева пробирки. Если масло содержит воду, происходит вспенивание образца, слышится характерное потрескивание, в верхней части пробирки конденсируются капли воды. Механические примеси в масле определяются путем рассмотрения на просвет капли масла, нанесенного на стекло или фильтровальную бумагу. Характер примесей определяется путем скольжения двух стекол друг по другу, между которыми находится испытуемый образец масла. Если примеси, содержащиеся в масле, абразивные, то слышен характерный скрип.

По испаряемости можно судить о сорте топлива. Наиболее быстро и полностью, не оставляя никаких следов, испаряются авиационные бензины – в течение 1…2 минут. Время испарения автомобильных бензинов значительно выше, а на бумаге после испарения остается желтое пятно, которое можно испарить, нагрев бумагу, например над плиткой. Дизельное топливо и керосин испаряются медленно и не полностью, оставляя практически не испаряемое желтое жирное пятно.

Вязкость моторных масел приближенно можно определить путем сравнения с эталонными маслами с известной вязкостью. Для этого наливают испытуемое масло в стеклянную трубку диаметром 10 мм и длиной 200…250 мм таким образом, чтобы над маслом после закрытия трубки пробкой оставался объем воздуха 5…6 мм. Трубку вместе с несколькими аналогичными трубками, заполненными маслами с известной вязкостью, нагревают в водяной бане с температурой воды 50…60°С в течение 10 мин. Затем, держа трубки вертикально, одновременно их переворачивают и замеряют время подъема пузырька воздуха. Во сколько раз скорость пузырька в испытуемом масле будет больше или меньше, чем в эталонных маслах, во столько раз будет отличаться и его вязкость.

Порядок выполнения работы:

1) Проводится визуальное исследование испытуемых нефтепродуктов. Дается оценка следующих показателей: цвета, запаха, прозрачности.

2) Проводится исследование испаряемости топлив.

Для этого стеклянной палочкой наносят каплю нефтепродукта на фильтровальную бумагу и дают ему испариться. Для интенсификации процесса испарения можно слегка нагреть бумагу с другой стороны или помахать ей.

3) Определяется наличие воды и механических примесей в топливах и масле.

Для этого топливо исследуется на прозрачность и отстаивается. Обычно топливо в количестве 100 $см^3$ отстаивают в специальных отстойниках с узкой нижней частью.

Можно в этих целях использовать подходящую прозрачную лабораторную посуду. Вода и механические примеси скапливаются в нижней части отстойника.

Для определения содержания воды в масле в пробирку помещают 2…3 $см^3$ испытуемого масла и осторожно нагревают. По вспениванию образца, характерному потрескиванию, каплям воды, конденсирующимся в верхней холодной части пробирки, определяют наличие воды.

Для определения механических примесей в масле стеклянной палочкой наносят каплю масла, предварительно подогретую до 10…50°С, на фильтровальную бумагу и на стекло. Выявляют механические примеси при рассматривании капли на просвет. Характер примесей определяют растиранием капли масла между двумя стеклами по характерному скрипу (абразивные) или его отсутствию (неабразивные).

4) Определяется наличие в бензине этиловой жидкости.

Для этого в пробирку наливают 10 мл топлива и 1…2 мл 10% спиртового раствора йода. Полученную смесь нагревают на водяной бане, а затем охлаждают. Верхний слой топлива сливают и добавляют 7…10 мл этилового спирта, затем пробирку слегка встряхивают. Появление желтых кристалликов йодистого свинца в смеси указывает на то, что в топливе содержится этиловая жидкость.

При этом реакция протекает по следующему уравнению:

$$3\ I_2 + Pb(C_2H_5)_4 = PbI_2 + 4\ C_2H_5I.$$

5) Определяется наличие непредельных углеводородов в нефтепродуктах.

Наличие непредельных углеводородов проверяется обесцвечиванием окислителей. Для этого в пробирку наливают 2…3 мл испытуемого нефтепродукта и 4…5 мл водного раствора марганцево-кислого калия, смесь тщательно перемешивают и дают ей отстояться.

Непредельные углеводороды отсутствуют, если нижний малиново-фиолетовый слой марганцовокислого калия не изменяет своей окраски. Если фиолетовая окраска переходит в бурую или темно-желтую с дальнейшим выпадением бурого осадка MnO_2, то это указывает на наличие непредельных углеводородов. Причем чем больше непредельных углеводородов содержится в испытуемом нефтепродукте, тем быстрее и интенсивнее будет изменяться его цвет. Если в течение 2 минут цвет перманганата не

изменился, то непредельные углеводороды в топливе или масле отсутствуют.

6) Определяется наличие фактических смол в бензине.

Нефтепродукт пипеткой в количестве 1 мл наносят на сферическое стекло диаметром 50…60 мм.

Поджигают бензин и ждут, пока он полностью выгорит. По диаметру оставшегося пятна (табл. 1) определяют примерное количество смол в 100 мл топлива.

Таблица 1 – Определение фактических смол бензина

Диаметр пятна, мм	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
Количество смол на 100 мл топлива, мг	4	7	11	15	20	32	43	56	70	85	102	120

7) Результаты сводят в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты исследований нефтепродуктов

Признак	Нефтепродукт				
Цвет					
Запах					
Прозрачность					
Испаряемость					
Наличие воды					
Наличие механических примесей					
Наличие этиловой жидкости					
Наличие непредельных углеводородов					
Наличие фактических смол					

8) Делается обоснованное заключение о качестве нефтепродукта и рекомендации по применению его в двигателях внутреннего сгорания.

Лабораторная работа 3
Исследование пластичных смазок

Цели работы: изучить простейшие методы исследования пластичных смазок, определить качество и сделать заключение о пригодности пластичных смазок для использования по назначению.

Оборудование и материалы:

1) термометр типа ТН-4 в комплекте с гильзой и чашечкой,
2) пробирки стеклянные,
3) стакан В-1-1000ТС или В-2-1000ТС,
4) электроплитка с закрытой спиралью,
5) вода дистиллированная,
6) бензин,
7) испытуемые образцы пластичных смазок,
8) секундомер.

Основные теоретические сведения.

Пластичные смазки применяются для снижения трения и предотвращения износа трущихся частей механизмов, а также для защиты металлических поверхностей от коррозии, для создания герметичности в резьбовых соединениях. Пластичная смазка представляет собой полутвердый, мазеобразный продукт. Она состоит, главным образом, из двух составляющих: смазочного масла и загустителя. Также могут включать в себя стабилизатор для сохранения однородности смазки и наполнитель.

В зависимости от условий, одни и те же пластичные смазки могут проявлять свойства твердых или жидких тел. Под действием небольшой нагрузки они ведут себя как твердое тело, не текут и удерживаются даже на вертикальных поверхностях, при увеличении нагрузки они обладают текучестью и хорошо смазывают поверхности трения.

В качестве загустителя применяются мыла различных металлов или твердые углеводороды. Чаще всего это литиевые, кальциевые, натриевые, натриево-кальциевые мыла. Иногда в качестве наполнителя применяется графит. В последнее время распространены также смазки, в которых используются неорганические загустители (силикагель, бентонит, сажа и др.) или полимерные (синтетические) загустители (олигомеры полимочевины, политетрафторэтилен, тефлон).

Качество пластичных смазок помимо лабораторных исследований можно определить простейшими методами. В ходе визуального осмотра определяют цвет смазки, наличие на поверхности смазки слоя масла, посторонних примесей в ней. Смазки на мыльном загустителе имеют характерный запах мыла, на углеводородном – запах нефтепродукта.

Слой жидкого масла на поверхности смазки говорит о плохой коллоидной стабильности. При хранении таких смазок они начинают расслаиваться на составляющие и теряют свои свойства.

Цвет консистентной смазки зависит от ее состава, качества исходного сырья и технологии изготовления и для большинства смазок не является характерным признаком. Даже у одного и того же сорта цвет может меняться от светло-желтого до темно-коричневого. Исключением являются, например, графитные смазки, имеющие черный цвет с зеленоватым отливом.

Наличие механических примесей можно определить несколькими простыми способами: визуальным осмотром, пробой на стекло или растиранием между пальцами, если примесей достаточно много. Пробой на стекло определяется также однородность смазки.

Исследуемую смазку тонким слоем наносят на кусочек чистого ровного стекла и закрывают сверху еще одним стеклом, рассматривают в проходящем свете. Если смазка содержит посторонние примеси или неоднородна, то это хорошо просматривается. Абразивные примеси обнаруживаются, если смазку растереть между стеклами. При их наличии слышится характерный скрип. В любом из перечисленных случаев смазка к эксплуатации непригодна. В графитной смазке обязательно присутствуют кристаллы графита, что не является признаком непригодности смазки.

Природа загустителя определяется растворимостью смазки, пробой на жировое пятно или в некоторых случаях по запаху. При полном растворении смазки в бензине с образованием прозрачного раствора можно сделать вывод о том, что ее загустителем являются твердые углеводороды, при растворении в воде – натриевые мыла. Если смазка не растворяется ни в первом, ни во втором случае, возможно в качестве загустителя в ней использовано кальциевое мыло.

При нагреве небольшой массы смазки на фильтровальной бумаге жидкое масло впитывается вместе с углеводородным загустителем, образуя жирное пятно. Если загустителем является мыло, то на бумаге в центре пятна остается также небольшой плотный мыльный остаток. При нагреве графитной смазки, помимо жирного пятна, остаются кристаллы графита.

Важным показателем качества пластичных смазок является температура каплепадения. Это температура, при которой происходит падение первой капли или касание дна пробирки столбиком испытуемого нефтепродукта, помещенного в чашечку прибора и нагреваемого в строго определенных условиях. Температура каплепадения определяется по ГОСТ 6793–74.

Порядок выполнения работы:

1) Образцы исследуемых смазок осматриваются визуально, выявляются и фиксируются цвет, запах, наличие жидкого масла на поверхности смазки, корки, механических примесей и воды.

2) Проводится проба на стекло с целью исследования смазки на однородность, наличие механических примесей и воды.

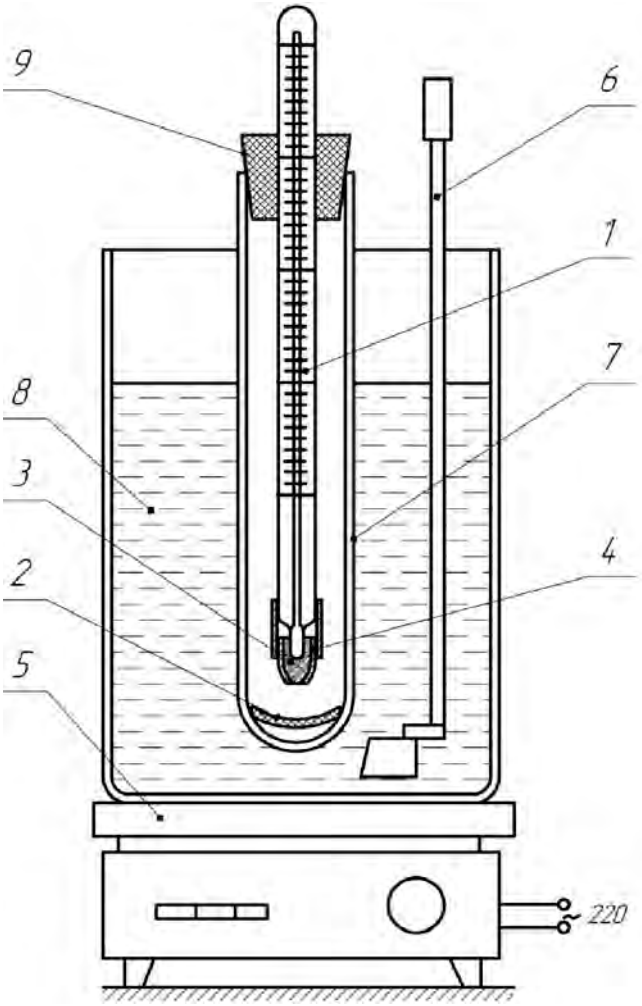
3) Проводится проба на жировое пятно. Для этого шарик исследуемой смазки диаметром 4…6 мм наносят на фильтровальную бумагу, бумагу осторожно нагревают над плиткой. Масла и углеводородные загустители легко впитываются бумагой, а мыла остаются в виде плотного остатка.

4) Проводится исследование на растворимость смазки в воде и в бензине. Для испытания в пробирки с дистиллированной водой и бензином стеклянной палочкой помещают на дно по 1…2 г исследуемой смазки.

Полученную смесь осторожно нагревают на водяной бане, периодически помешивая и взбалтывая. Если вода или бензин в пробирке мутнеют или комок смазки полностью растворяется, это говорит о растворимости смазки в данной среде, если остаются прозрачными – о нерастворимости.

5) Определяется температура каплепадения смазки.

Для определения температуры каплепадения используют прибор, изображенный на рис. 3.



Р и с. 3. Аппарат для определения температуры каплепадения пластичной смазки:
1 – термометр; *2* – бумажный индикатор; *3* – смазка; *4* – чашечка; *5* – электроплитка; *6* – мешалка; *7* – пробирка; *8* – стакан с термостатирующей жидкостью;
9 – пробка

Температура каплепадения смазки определяется следующим образом. Шпателем снимается верхний слой смазки, затем из разных частей емкости берется несколько (не менее трех) проб и смешиваются в одну. Отобранной пробой плотно заполняют чашечку *4* прибора. Заполненную чашечку вставляют в гильзу термометра до соприкосновения с буртиком гильзы. Выдавленные из нижнего отверстия чашечки излишки аккуратно срезают.

На дно сухой пробирки помещают кружок белой бумаги *2*.

Термометр с чашечкой устанавливают в пробирку через пробку *9* таким образом, чтобы чашечка находилась на расстоянии 25 мм от кружка бумаги на дне пробирки, а ожидаемые показания термометра находились ниже пробки и были доступны для наблюдения. Пробирку помещают в термостойкий стакан с жидкостью *8* так, чтобы уровень жидкости был выше дна стакана на 120…150 мм, а дно пробирки отстояло от дна стакана на 10…20 мм.

Включают электроплитку *5* и нагревают жидкость в стакане со скоростью 1°С в минуту. Следят за температурой и образованием капли смазки. За температуру каплепадения принимают температуру, при которой первая образовавшаяся капля или столбик смазки, вытекающий из отверстия чашечки, достигает дна пробирки.

6) Результаты исследований сводятся в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты исследований консистентных смазок

Свойство	Марка смазки						
Цвет							
Запах							
Наличие корки, жидкого масла на поверхности и др.							
Наличие механических примесей							
Наличие воды							
Однородность							
Растворимость в воде							
Растворимость в бензине							
Результат пробы на жировое пятно							
Температура каплепадения							

7) Делается обоснованное заключение о качестве нефтепродукта, типе загустителя, пригодности смазки к применению.

Лабораторная работа 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Цели работы: изучить методику определения температуры вспышки дизельного топлива, практически определить температуру вспышки и сделать заключение о качестве топлива по данному показателю.

Оборудование и материалы:

1) Прибор для определения температуры вспышки нефтепродуктов с закрытым тиглем.

2) Экран, окрашенный с внутренней стороны черной краской.

3) Испытуемое дизельное топливо.

4) Барометр-анероид.

Основные теоретические сведения.

Температура вспышки – это температура, при которой пары топлива с воздухом, образуют такую горючую смесь, которая вспыхивает при поднесении к ней открытого пламени.

Температуру вспышки определяют не только при исследовании качества топлива, но и для его классификации по степени пожарной опасности при хранении и транспортировке.

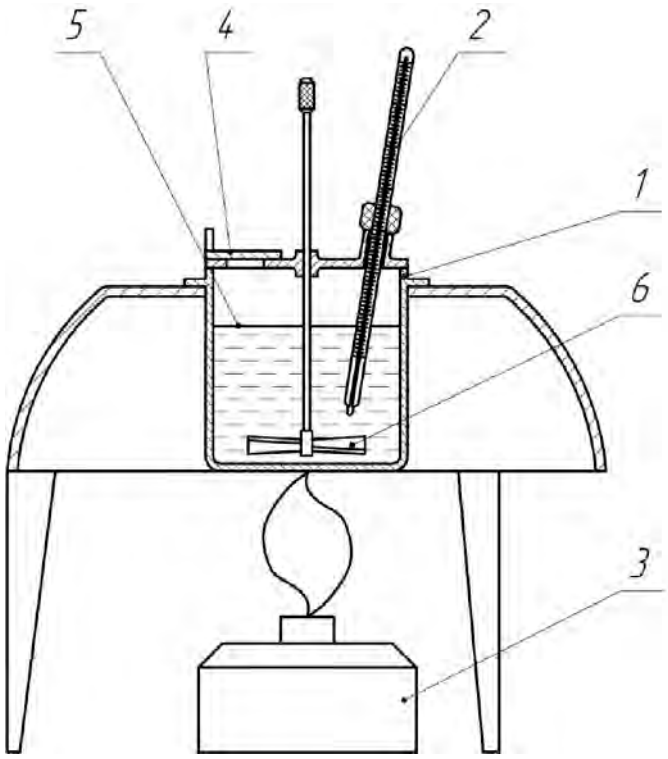
Следует различать температуру вспышки и температуру воспламенения. В отличие от температуры вспышки при температуре воспламенения пары топлива не только вспыхивают, но и горят не менее 5 с.

Температуру вспышки дизельных топлив определяют по ГОСТ 6356–75 в закрытом тигле (рис. 4).

Сущность процесса сводится к плавному повышению температуры в стакане прибора, закрытом крышкой. При этом вначале испаряются легкокипящие фракции топлива, а затем, по мере нагрева, более тяжелые.

При определенной температуре в воздухе накапливается такое количество паров топлива, что они образуют горючую смесь, в которой при поднесении источника огня наблюдается быстроисчезающее пламя.

Однако дальнейшего горения не происходит, поскольку при данной температуре скорость образования паров еще недостаточна.



Р и с. 4. Прибор для определения температуры вспышки в закрытом тигле:
1 – тигель; *2* – термометр; *3* – горелка; *4* – заслонка; *5* – риска; *6* – мешалка

Температура вспышки топлив для быстроходных дизелей по ГОСТ 305–82 должна быть не ниже +40°С для летних и +35°С для зимних сортов топлива. По требованиям ГОСТ Р 52368–2005 температура вспышки дизельных топлив ЕВРО должна быть выше 55°С.

Температура вспышки топлива тесно связана с фракционным составом. Слишком низкое значение температуры вспышки указывает на присутствие в топливе легкокипящих фракций (бензиновых, керосиновых и т.д.). При этом повышается огнеопасность топлива, увеличиваются потери при эксплуатации, хранении и транспортировке, возрастает жесткость работы дизеля. Жесткая работа увеличивает дымность отработавших газов, расход топлива, снижает мощность и ресурс двигателя.

Высокое значение температуры вспышки возможно при длительном или неправильном хранении, когда наиболее легкие фракции улетучиваются.

Температура вспышки зависит от барометрического давления, поэтому если оно отличается от 760 мм рт. ст., полученное

значение температуры вспышки необходимо привести к стандартным условиям путем внесения поправки.

Порядок выполнения работы:

1) Подготовка к работе:

Испытуемое топливо не должно содержать более 0,05% влаги. При необходимости производят обезвоживание и берут для исследований верхний слой нефтепродукта. Промывают бензином тигель и крышку прибора и тщательно высушивают.

Прибор должен быть размещен в затемненном месте, где вспышка достаточно хорошо видна. Для устранения заметного движения воздуха прибор с трех сторон закрывается защитным экраном.

2) Проведение опыта.

Замеряют и записывают барометрическое давление.

Наливают испытуемое топливо до кольцевой риски в стакан прибора, не допуская смачивания стенок выше риски, и закрывают крышкой. В крышку устанавливают термометр.

Нагревают топливо. При этом рост температуры не должен превышать 2°С в минуту. Контролируют повышение температуры в приборе. За 10°С до предполагаемой температуры вспышки начинают периодически открывать заслонку на крышке тигля и подносить источник огня. Заслонку открывают не более чем на 1…2 секунды, после чего она должна быть закрыта.

Если вспышки не происходит, то температуру в приборе поднимают на 1°С и повторяют опыт. Опыт повторяется до тех пор, пока при поднесении пламени в окно тигля на поверхности топлива не появится синеватое пламя, которое гаснет в течение нескольких долей секунды. Температурой вспышки считается температура, при которой над поверхностью нефтепродукта появляется первое синее пламя.

Если появляется неясная вспышка – ее необходимо подтвердить повторно при повышении температуры на 1…2°С.

Если испытанию подвергают неизвестный нефтепродукт, делают предварительное определение температуры вспышки, а затем проводят повторное определение в соответствии с существующим стандартом.

3) Обработка результатов.

Значения температуры вспышки приводят к стандартным условиям. При барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт. ст. в показанную термометром температуру вспышки вводят поправку (Δ). Поправка вычисляется по формуле (2) или принимается по табл. 4.

$$\Delta = 0{,}0362 \cdot (760 - p), \qquad (2)$$

где p – фактическое барометрическое давление в мм рт. ст.

Вычисление производят с точностью до 1°С. Поправка прибавляется в случае, когда барометрическое давление ниже 760 мм рт. ст., и вычитается, если барометрическое давление выше указанного значения. В таблице представлены поправки, вычисленные с точностью до 1°С.

Таблица 4

Барометрическое давление, мм рт. ст.	Поправка, °С
636…663	+ 4
664…691	+ 3
692…718	+ 2
719…746	+ 1
774…801	- 1

7) Делается обоснованное заключение о качестве нефтепродукта, рекомендации по его применению.

Лабораторная работа 5
Определение плотности нефтяных топлив

Цели работы: изучить методику определения плотности нефтепродуктов, определить фактическую плотность и плотность нефтепродуктов, приведенную к нормальной температуре, сделать заключение о качестве нефтепродукта по данному показателю.

Оборудование и материалы:

1) ареометры для нефти (нефтеденсиметры) по ГОСТ 18481 или аналогичные,

2) цилиндры для ареометров по ГОСТ 18481,

3) термометры ртутные стеклянные типа ТЛ-4 №4 по ТУ 25-2021.003 или типа ТИН 5 по ГОСТ 400,

4) испытуемые нефтепродукты: бензин, дизельное топливо.

Основные теоретические сведения.

Плотность нефтепродуктов является важным показателем их качества. При повышенной плотности дизельного топлива ухудшается его распыление форсункой, увеличивается длина струи, изменяется угол конуса распыла. При недостаточной плотности длина струи уменьшается. И в том и в другом случае ухудшается смесеобразование, что приводит к снижению мощностных и экономических показателей, увеличению дымности отработавших газов, повышенному нагарообразованию. От плотности бензина зависят качество смесеобразования, эксплуатационные и экологические показатели двигателей с искровым зажиганием.

Определение плотности необходимо производить при учете расхода и движения нефтепродуктов на нефтескладах и автозаправочных станциях, так как при приемке нефтепродуктов их фиксируют в единицах массы (кг, т и т.д.), а при заправке тракторов и автомобилей в единицах объема (л).

Плотность нефтепродуктов зависит от их температуры. Что также должно учитываться при приемке и заправке.

Различают плотность *абсолютную* и *относительную*.

Абсолютная плотность – это масса вещества, содержащаяся в единице объема. Абсолютная плотность в системе СИ имеет единицы измерения кг/м^3 и находится по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},\ \text{кг}/\text{м}^3, \qquad (3)$$

где m – масса нефтепродукта, кг;

V – объем занимаемый нефтепродуктом, м^3.

На практике чаще используют понятие относительной плотности. *Относительная* плотность находится как отношение абсолютной плотности нефтепродукта при температуре 20°С к абсолютной плотности дистиллированной воды при температуре 4°С.

Плотность дистиллированной воды при температуре 4°С равна 1000 кг/м^3, поэтому при расчете относительной плотности нефтепродукта необходимо разделить его абсолютную плотность на 1000 кг/м^3. Например, если абсолютная плотность бензина равна 740 кг/м^3, то его относительная плотность равна 0,74. Как

следует из определения относительная плотность – безразмерная величина.

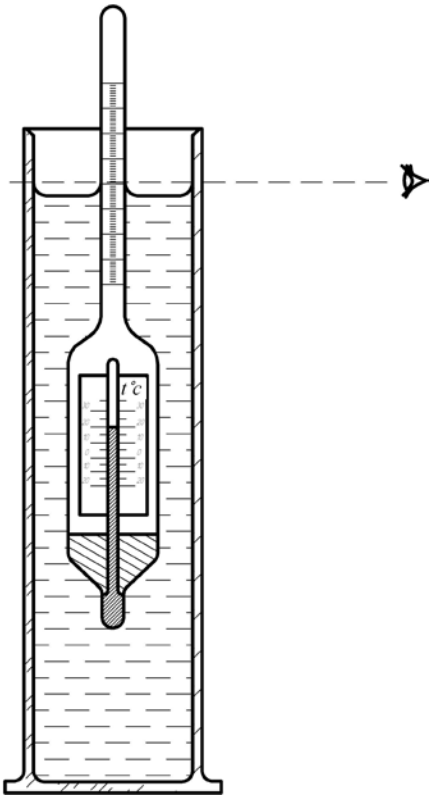
Значения плотности автомобильных бензинов должны находиться в пределах 690…750 кг/м^3, дизельных топлив – 820…860 кг/м^3.

Плотность нефтепродукта определяют по ГОСТ 3900–85. Сущность метода заключается в погружении ареометра (нефтеденсиметра) в испытуемый нефтепродукт, определении фактической плотности нефтепродукта по шкале прибора при температуре окружающей среды и последующем приведении значения замеренной плотности к нормальной температуре.

При определении плотности используется ареометр для нефтепродуктов (нефтеденсиметр), изображенный на рис. 5.

Нефтеденсиметр представляет собой стеклянный пустотелый поплавок, в нижней части которого находится балласт, а в верхней, состоящей из тонкой трубки, – шкала для определения плотности. Некоторые нефтеденсиметры имеют также встроенный термометр для определения температуры испытуемого вещества.

Для определения плотности разных нефтепродуктов применяются нефтеденсиметры с различными диапазонами измеряемой величины.



Р и с. 5. Определение плотности нефтепродуктов нефтеденсиметром

Поэтому в лаборатории, как правило, имеется набор из нескольких нефтеденсиметров.

Порядок выполнения работы:

1) Испытуемый нефтепродукт выдерживают при температуре окружающей среды до тех пор, пока он не примет эту температуру.

2) Устанавливают цилиндр для ареометров на ровную горизонтальную поверхность.

3) Наливают в цилиндр для ареометров испытуемый нефтепродукт, не допуская образования на его поверхности пузырьков воздуха.

4) Чистый сухой ареометр медленно и осторожно опускают в испытуемый нефтепродукт таким образом, чтобы не происходило смачивания его шкалы выше уровня погружения.

5) После того как прекратятся колебания ареометра, и убедившись что он не касается стенок цилиндра, производят отсчет по шкале плотности по верхнему краю мениска. При этом глаз должен находиться на уровне мениска (см. рис. 5).

6) Фиксируют температуру нефтепродукта по шкале термометра, встроенного в нефтеденсиметр или измеряют дополнительным термометром.

7) Значение измеренной плотности приводят к температуре 20°С путем внесения поправки по формуле:

$$\rho^{20} = \rho^{t} + \gamma(t - 20), \qquad (4)$$

где ρ^{t} – плотность топлива при температуре испытания, кг/м^3;

γ – средняя температурная поправка плотности;

t – температура испытания, °С.

Средние температурные поправки плотности нефтепродуктов указаны в табл. 5.

8) По окончании испытаний делается обоснованное заключение о качестве нефтепродуктов по исследуемому показателю и рекомендации по их применению.

Таблица 5 – Средние температурные поправки плотности нефтепродуктов

Абсолютная плотность, кг/м^3	Температурная поправка на 1°С	Абсолютная плотность, кг/м^3	Температурная поправка на 1°С
690,0…699,9	0,910	850,0…859,9	0,699
700,0…709,9	0,897	860,0…869,9	0,686
710,0…719,9	0,884	870,0…879,9	0,673
720,0…729,9	0,870	880,0…889,9	0,660
730,0…739,9	0,857	890,0…899,9	0,647
740,0…749,9	0,844	900,0…909,9	0,633
750,0…759,9	0,831	910,0…919,9	0,620
760,0…769,9	0,818	920,0…929,9	0,607
770,0…779,9	0,805	930,0…939,9	0,594
780,0…789,9	0,792	940,0…949,9	0,581
790,0…799,9	0,778	950,0…959,9	0,567
800,0…809,9	0,765	960,0…969,9	0,554
810,0…819,9	0,752	970,0…979,9	0,541
820,0…829,9	0,738	980,0…989,9	0,528
830,0…839,9	0,725	990,0…999,9	0,515
840,0…849,9	0,712		

Лабораторная работа 6
Определение кинематической и динамической вязкости нефтяных топлив

Цели работы: изучить методику определения кинематической вязкости, практически определить кинематическую вязкость и рассчитать динамическую вязкость топлива, сделать заключение о качестве нефтепродуктов по данному показателю.

Оборудование и материалы:

1) вискозиметры капиллярные стеклянные по ГОСТ 10028–81,

2) держатель (штатив) лабораторный вискозиметра, обеспечивающий строго вертикальное его положение,

3) баня вискозиметра, позволяющая регулировать температуру,

4) дистиллированная вода,

5) термометры жидкостные стеклянные по ASTM, IP, типа ТИН 10 по ГОСТ 400 или типов I и II по ГОСТ 13646,

6) секундомер,

7) испытуемые нефтепродукты: бензин, дизельное топливо.

Основные теоретические сведения.

Вязкость нефтепродуктов является одним из важнейших эксплуатационных свойств топлива. Вязкость влияет на карбюрационные свойства бензина, качество образования топливно-воздушной смеси и, как следствие, определяет полноту сгорания топлива, КПД, мощностные, экономические, ресурсные и экологические показатели двигателя.

Вязкость дизельных топлив также влияет на смесеобразование, полноту сгорания, прокачиваемость, ресурс топливной аппаратуры дизеля.

При повышенной вязкости изменяется факел распыла топлива форсункой, увеличивается длина струи, ухудшается смесеобразование и снижается полнота сгорания топлива, ухудшается прокачиваемость топлива в элементах системы питания.

Пониженная вязкость улучшает прокачиваемость, однако при этом ухудшается смазывающая способность топлива, что приводит к снижению ресурса топливной аппаратуры, а также уменьшается длина струи и изменяется угол конуса распыла, снижается полнота сгорания топлива, происходит ухудшение эксплуатационных и экологических показателей дизеля.

Вязкость – это свойство жидкости оказывать сопротивление течению (перемещению одного слоя жидкости относительно другого) под действием внешней силы. Это сопротивление возникает в результате действия сил молекулярного сцепления.

Различают вязкость кинематическую и динамическую.

Динамическая вязкость η – это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости сдвига.

Динамическую вязкость также называют коэффициентом динамической вязкости или просто вязкостью. Это мера сопротивления жидкости течению. За единицу динамической вязкости принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление в 1 Н перемещению одного слоя площадью 1 м^2

относительно другого расположенного от него на расстоянии 1 м и перемещающегося со скоростью 1 м/с.

Единица измерения динамической вязкости в системе СИ – паскаль-секунда (Па·с).

На практике обычно применяют меньшую величину – мПа·с (10^{-3} Па·с).

Кинематическая вязкость ν – это отношение динамической вязкости нефтепродукта к его плотности.

Она служит мерой сопротивления течению жидкости под действием гравитационных сил и определяется по формуле:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho},\ \text{мм}^2/c\ , \qquad (5)$$

где η – динамическая вязкость, мПа·с;

ρ – плотность нефтепродукта при 20°С, г/см^3.

Единица измерения кинематической вязкости в системе СИ – м^2/с. На практике обычно применяют мм^2/с.

Значение вязкости для автомобильных бензинов не нормируется, для дизельных топлив быстроходных дизелей по ГОСТ 305–82 должно находиться в пределах: летние сорта 3…6 мм^2/с; зимние 1,8…5 мм^2/с, арктические 1,5…4 мм^2/с при 20°С. Для дизельных топлив ЕВРО по ГОСТ 52368–2005 – в пределах 2…4 мм^2/с при 20°С.

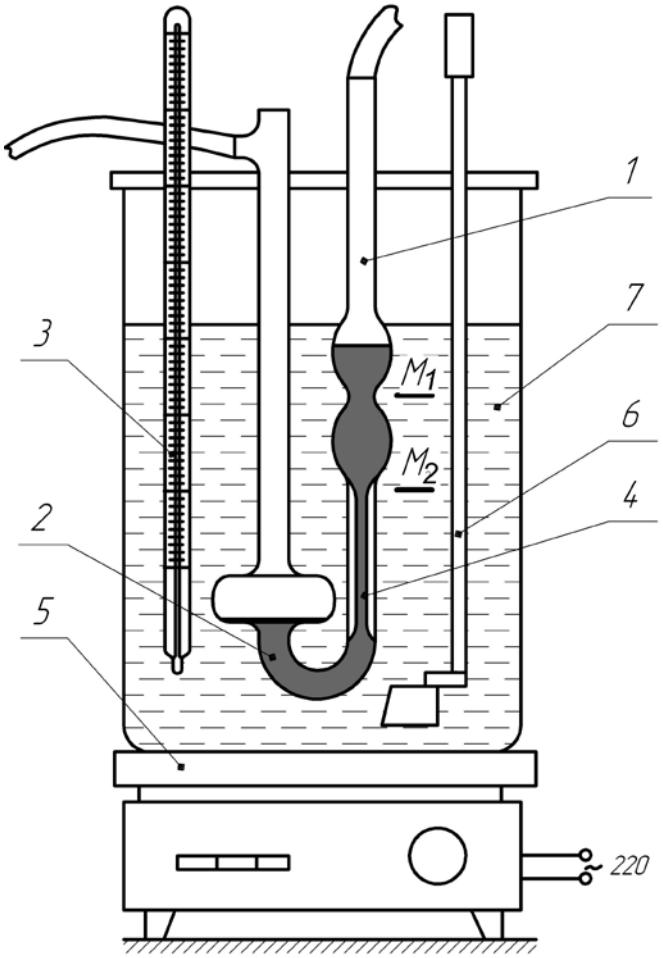
Кинематическую вязкость нефтепродуктов определяют по ГОСТ 33–2000 (ИСО 3104–94).

Сущность метода заключается в определении времени (в секундах) истечения определенного объема жидкости через калиброванное сечение вискозиметра под действием силы тяжести при постоянной температуре.

Для нахождения значения кинематической вязкости полученное время умножают на постоянную вискозиметра.

При определении кинематической вязкости нефтепродуктов чаще всего используются капиллярные вискозиметры типа ВПЖ, изготовленные из стекла с малым коэффициентом температурного расширения.

Вискозиметр Оствальда – Пинкевича (рис. 6) представляет собой U-образную трубку, в одном из колен которой выполнено два шарика и капилляр.



Р и с. 6. Схема установки для определения
кинематической вязкости:
1 – вискозиметр; *2* – нефтепродукт; *3* – термометр; *4* – капилляр;
5 – электроплитка; *6* – мешалка; *7* – термостат

Для определения кинематической вязкости разных нефтепродуктов применяются вискозиметры с различными диапазонами измеряемой величины.

Поэтому в лаборатории, как правило, имеется набор из нескольких вискозиметров.

Все вискозиметры откалиброваны в лабораторных условиях при изготовлении и имеют каждый свою постоянную C мм^2/с^2.

Порядок выполнения работы:

1) Сухой чистый вискозиметр с пределами измерения, соответствующими предполагаемой вязкости заполняют

испытуемым нефтепродуктом в объеме, равном объему двух шариков прибора. Вискозиметр выбирают таким образом, чтобы время истечения объема жидкости было не менее 200 с.

2) Устанавливают вискозиметр в строго вертикальном положении в стакан бани таким образом, чтобы оба шарика прибора были погружены в жидкость. Устанавливают термометр в строго вертикальном положении.

3) Наполненный вискозиметр выдерживают в термостатной жидкости, нагретой до температуры испытания (20°С) около 30 минут для достижения заданной температуры прибором и испытуемым топливом.

4) С помощью груши или путем создания давления в противоположном колене поднимают уровень испытуемого топлива приблизительно на 7 мм выше метки M_1.

5) При свободном истечении испытуемого нефтепродукта определяют время прохождения мениска жидкости от метки M_1 до метки M_2 с точностью до 0,1 с.

При проведении опыта необходимо следить за тем, чтобы внутри нефтепродукта не было пузырьков воздуха, механических примесей и воды.

6) Опыт повторяют 2-3 раза, при этом расхождение полученных значений не должно превышать 0,4 с. Определяют среднее арифметическое значение времени истечения.

7) Рассчитывают значение кинематической вязкости по формуле:

$$\nu_{20} = \mathrm{t_{ср}} \cdot C, мм^2/c\,, \qquad (6)$$

где $t_{ср}$ – среднее арифметическое значение времени истечения испытуемого нефтепродукта через капилляр вискозиметра, с;

С – постоянная вискозиметра указанная в паспорте прибора, $мм^2/с^2$.

8) Рассчитывают значение динамической вязкости по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho, \quad \text{мПа} \cdot \text{с}\,, \qquad (7)$$

где ν – кинематическая вязкость нефтепродукта при 20°С, $мм^2/с$;

ρ – плотность нефтепродукта при 20°С, $г/см^3$.

9) По окончании испытаний делается обоснованное заключение о качестве нефтепродуктов по исследуемому показателю и рекомендации по их применению.

Лабораторная работа 7
Определение октанового числа бензина

Цели работы: изучить методы определения октанового числа и способы повышения антидетонационной стойкости топлив, практически исследовать октановое число испытуемого бензина.

Оборудование и материалы:

1) анализатор качества нефтепродуктов октанометр типа SHATOX SX-200,

2) испытуемый бензин марок АИ-80, АИ-92 и АИ-95.

Основные теоретические сведения.

При нормальном сгорании топлива в двигателях с искровым зажиганием скорость распространения фронта пламени достигает 25–35 м/с.

При высокой частоте вращения также может создаваться турбулентный фронт пламени, распространяющийся по камере сгорания со скоростями до 80 м/с.

При этом нормальное сгорание сопровождается плавным повышением давления от расширяющихся продуктов сгорания, которое достигает максимума вблизи ВМТ. Наиболее существенное влияние на скорость сгорания смеси оказывают химический состав топлива, коэффициент избытка воздуха, количество остаточных газов в цилиндре, температура и давление смеси, конструктивные параметры двигателя.

Мощностные и экономические показатели двигателя в значительной мере зависят от степени сжатия. Однако повышение степени сжатия двигателей с искровым зажиганием ограничивается главным образом антидетонационной стойкостью существующих топлив.

При увеличении давления и температуры смеси процесс сгорания интенсифицируется, что может привести к детонации.

Детонация – это взрывное сгорание горючей смеси, при котором скорость распространения фронта пламени достигает

1500…2500 м/с. Образующиеся ударные волны, многократно отражаясь от стенок камеры сгорания, вызывают металлические звуки, вибрацию двигателя и повышенную дымность отработавших газов.

Последствиями работы двигателя с детонацией являются снижение мощности и экономичности, перегрев, износ и разрушение деталей, повышенная токсичность отработавших газов.

Склонность двигателя к работе с детонацией зависит как от конструктивных (степень сжатия, диаметр цилиндра, форма камеры сгорания, материал деталей, образующих камеру сгорания, место расположения и количество свечей зажигания), так и от эксплуатационных факторов (антидетонационная стойкость топлива, угол зажигания, частота вращения коленчатого вала, нагрузка, состав смеси, температура и влажность воздуха, наличие нагара на стенках камеры сгорания и др.).

Детонационная стойкость бензина может быть повышена путем подбора сырья при производстве, технологии изготовления или добавлением высокооктановых компонентов.

При работе двигателя на бедных горючих смесях наибольшей детонационной стойкостью обладают изомеры парафиновых углеводородов (и-парафины), на богатых – ароматические углеводороды. Наименьшая детонационная стойкость присуща нормальным парафиновым углеводородам. Нафтеновые и непредельные занимают среднее положение.

Более высокая детонационная стойкость при производстве бензинов достигается путем переработки дистиллятов нефти в процессе каталитического крекинга и риформинга.

Повышение октанового числа топлива может достигаться за счет добавления к базовым бензинам высокооктановых компонентов: изооктана, изопентана, толуола, алкилбензина.

Набольшее распространение получил способ повышения октанового числа бензина путем добавления антидетонационных присадок. В качестве антидетонаторов используют тетраэтилсвинец, анилин, марганцевые антидетонаторы и антидетонаторы на основе соединений железа. Наиболее перспективны присадки на основе марганца: циклопентадиенилтрикарбонил марганца (ЦТМ) и его

производная (МЦТМ). Они более эффективны и значительно менее токсичны.

Но образующийся нагар при сгорании бензина с такими присадками вызывает перебой в работе свечей зажигания за счет утечки тока по поверхности изолятора свечи и образования токопроводящих нитей между электродами свечи. Этот недостаток еще более свойственен бензинам с присадками на основе соединений железа: пентакарбонил железа (т.н. ферроцен). При их использовании на свечах зажигания образуется токопроводящий нагар красного цвета.

До недавнего времени в качестве антидетонатора широко применялся тетраэтилсвинец в составе этиловой жидкости. Этилированные бензины ядовиты, поэтому для предупреждения об этом их окрашивают в яркие цвета (красный, сине-зеленый). Применение этилированного бензина приводит к образованию отложений свинца в камере сгорания, а в современных двигателях, оснащенных каталитическим нейтрализатором отработавших газов, – к выходу его из строя.

Антидетонационная стойкость топлива оценивается октановым числом. Октановое число бензина определяют моторным (ГОСТ 511–82) или исследовательским методом (ГОСТ 8226–82).

Моторное октановое число определяют на одноцилиндровой моторной установке с переменной степенью сжатия УИТ-65 или аналогичной. Испытуемый бензин заправляют в установку. Двигателю задают стандартный режим работы: при частоте вращения коленчатого вала 900 об/мин, температуре воздуха, поступающего в карбюратор, 50°С и температуре всасываемой смеси 149°С и переменном угле опережения зажигания.

Затем постепенно увеличивают степень сжатия до появления детонации, которая регистрируется детонометром. Степень сжатия, при которой возникла детонация, фиксируется на установке специальными приспособлениями. Далее двигатель заправляют смесью эталонных топлив, при этом подбирают такую смесь изооктана и н-гептана, при работе на которой будет наблюдаться детонация такой же интенсивности, как при работе на испытуемом топливе. Октановое число топлива будет равно процентному содержанию изооктана в этой смеси.

Таким образом, октановое число – это процентное содержание изооктана в смеси с н-гептаном, которая по антидетонационным свойствам аналогична испытуемому топливу.

Октановое число по исследовательскому методу определяется также на одноцилиндровой моторной установке с переменной степенью сжатия УИТ-65 или аналогичной. При этом устанавливается более щадящий режим: частота вращения коленчатого вала 600 мин$^{-1}$, температура всасываемого воздуха 52°С и постоянный угол опережения зажигания 13 град до ВМТ. Оно показывает, как ведет себя бензин в режимах малых и средних нагрузок.

По этой причине октановое число, полученное исследовательским методом, получается на 7…10 единиц выше, чем по моторному.

В последнее время наряду со стандартными методами определения октанового числа получили широкое распространение косвенные методы, главным образом, хроматографические и спектральные, позволяющие определить октановое число топлива путем определения композиционного и компонентного состава и последующим расчетом октанового числа по суммарным вкладам этих компонентов.

Существуют также так называемые экспресс-методы, основанные на измерении физико-химических свойств топлив, например их диэлектрической проницаемости. Основным достоинством применения методов экспресс-анализа являются наименьшие временные и экономические затраты. Однако нужно иметь в виду, что точность данных методов обычно ниже, чем стандартных.

Порядок выполнения работы:

1) Пользуясь руководством по эксплуатации анализатора качества нефтепродуктов, изучить описание конструкции, принцип действия, технические характеристики и правила эксплуатации прибора.

2) Следуя инструкции, определить октановые числа испытуемых бензинов.

3) Сделать заключение о качестве бензинов по исследуемому показателю и рекомендации по их применению.

Лабораторная работа 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Цели работы: изучить методы определения цетанового числа и практически исследовать цетановое число испытуемого топлива.

Оборудование и материалы:

1) анализатор качества нефтепродуктов октанометр типа SHATOX SX-200,

2) испытуемое дизельное топливо.

Основные теоретические сведения.

Самовоспламеняемость дизельных топлив характеризуется цетановым числом.

Цетановое число – это показатель, характеризующий самовоспламеняемость дизельного топлива.

Цетановое число топлива определяет жесткость и экономичность работы, ресурс, а также пусковые качества дизелей. Низкое цетановое число приводит к жесткой работе двигателя, т.е. такой работе, когда за 1 градус поворота коленчатого вала наблюдается прирост давления в камере сгорания более 0,7 МПа.

Причиной тому является то, что при высоком периоде задержки воспламенения предпламенные реакции окисления происходят медленно, и топливо, подаваемое в цилиндр двигателя, накапливается, не воспламеняясь, в определенный момент воспламеняется значительная часть накопившегося топлива, и резко нарастает давление.

Жесткая работа по внешним проявлениям напоминает детонационное сгорание и приводит к тем же последствиям. Однако необходимо различать их.

Пуск двигателя на топливе с цетановым числом ниже 40 единиц даже в летнее время затруднен. Для современных дизелей цетановое число топлива не должно быть ниже 45 единиц, но повышение его свыше 51 нецелесообразно – увеличивается расход топлива и дымность отработавших газов, а заметного улучшения процесса сгорания не происходит.

Цетановое число дизельного топлива определяют по ГОСТ 3122–67. Испытания проводят на одноцилиндровых установках

ИДТ-69, ИТ9-3М (или аналогичных), позволяющих изменять степень сжатия от 7 до 23.

Сущность метода заключается в сравнении цетанового числа испытуемого топлива с цетановыми числами эталонных топлив: цетана и альфа-метилнафталина.

Цетановое число цетана, обладающего высокой самовоспламеняемостью, условно принято за 100 единиц, а альфа-метил-нафталина, имеющего большой период задержки самовоспламенения, – за 0.

После прогрева двигателя на рабочем режиме и установки регулировочных параметров изменяют степень сжатия таким образом, чтобы самовоспламенение испытуемого топлива происходило в верхней мертвой точке.

Затем подбирают смесь из эталонных топлив, которая будет самовоспламеняться в ВМТ при той же степени сжатия. По содержанию цетана в смеси эталонных компонентов определяют цетановое число дизельного топлива.

Таким образом, цетановое число – это процентное содержание цетана в смеси с альфа-метилнафталином, которая по самовоспламеняемости аналогична испытуемому топливу.

При известной вязкости и плотности топлива его цетановое число можно приближенно определить расчетным путем по формуле:

$$\text{ЦЧ} = (\nu_{20} + 17{,}8)\frac{1587{,}9}{\rho_4^{20}}, \qquad (8)$$

где ν_{20} – вязкость, мм^2/с при 20°С;

ρ_4^{20} – плотность топлива, кг/м^3.

Вычислить приближенное цетановое число также можно исходя из его группового состава:

$$\text{ЦЧ} = 0{,}85\text{П} + 0{,}1\text{Н} - 0{,}2\text{А}, \qquad (9)$$

где П, Н и А – содержание в топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

В последнее время достаточно широко распространены так называемые экспресс-методы определения цетанового числа дизельного топлива, основанные на измерении физико-химических свойств нефтепродукта, например, его диэлектрической проницаемости. Они позволяют значительно

сократить трудоемкость и стоимость исследований, но зачастую обладают высокой погрешностью.

Порядок выполнения работы:

1) Пользуясь руководством по эксплуатации анализатора качества нефтепродуктов, изучить описание конструкции, принцип действия, технические характеристики и правила эксплуатации прибора.

2) Следуя инструкции, определить цетановое число испытуемого дизельного топлива.

3) Сделать заключение о качестве топлива по исследуемому показателю.

Лабораторная работа 9
Исследование фракционного состава дизельного топлива

Цели работы: освоить методику определения фракционного состава топлива и определить эксплуатационные характеристики дизельного топлива по результатам исследований.

Оборудование и материалы:

1) стандартный прибор для разгонки нефтепродуктов,

2) мерный цилиндр на 100 $см^3$ с ценой деления 1 $см^3$,

3) мерный цилиндр на 10 $см^3$ с ценой деления 0,1 $см^3$,

4) колба на 200 $см^3$ с отводной трубкой,

5) термометр стеклянный ртутный по ГОСТ 400 типа ТИН 4-1 и ТИН 4-2 с диапазоном –2…+400°С,

6) секундомер,

7) барометр.

Основные теоретические сведения.

Дизельные топлива представляют собой сложную смесь легких ароматических (14…30%), нафтеновых (20…60%) и парафиновых (10…40%) углеводородов, выкипающих в пределах от 170 до 380°С. Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к дизельным топливам, является испаряемость.

Для получения качественной горючей смеси топливо должно полностью испариться в камере сгорания. Испаряемость характеризует скорость и полноту перехода топлива из жидкого в парообразное состояние, а следовательно обуславливает полноту сгорания топлива, пусковые качества, ресурс, экономичность и

мощность двигателя, содержание вредных выбросов с отработавшими газами, нагаро- и лакообразование на деталях двигателя, расход масла.

Испаряемость дизельного топлива нормируется по фракционному составу, а также цетановому числу, поверхностному натяжению и температуре вспышки.

Фракционный состав дизельного топлива определяют согласно ГОСТ 2177–99. Фракционный состав оценивается по температурам выкипания отдельных фракций топлива и нормируется характерными температурами перегонки 50 и 90% (или 50 и 96%) объема дизельного топлива. По фракционному составу дизельного топлива можно судить о легкости пуска двигателя, времени его прогрева, приемистости и некоторых других эксплуатационных показателях.

Сущность определения фракционного состава дизельного топлива также как и для других светлых нефтепродуктов сводится к следующему. Испытуемое топливо нагревается в специальном аппарате для разгонки нефтепродуктов, образующиеся при кипении отдельных фракций пары поступают в холодильник, где конденсируются и в виде жидкости поступают в мерный цилиндр. При этом в первую очередь выкипают самые легкие фракции, а затем, по мере нарастания температуры, более тяжелые. Во время разгонки записывают значения температур выкипания отдельных частей топлива и строят кривую перегонки.

От фракционного состава зависит качество распыливания и сгорания. Большое количество легких углеводородов приводит к нарушению процесса сгорания – увеличивается жесткость работы дизеля. Напротив, тяжелое топливо с высокой температурой кипения образует при распылении более крупные капли, ухудшается качество горючей смеси, повышается расход топлива.

При значительном утяжелении топлива существенно увеличивается коксование распылителей форсунок, количество нагаров на деталях цилиндро-поршневой группы. Современные форсированные дизели надежно работают на топливе нормированного фракционного состава: температура выкипания 96% не должна превышать в зависимости от сорта 340…360°С.

Фракционный состав на пуск двигателя оказывает большее влияние, чем цетановое число. При холодном пуске дизеля в

камере сгорания создаются наименее благоприятные условия для образования и сгорания топливовоздушной смеси, обусловленные главным образом недостаточной температурой. При этом, чем больше легких фракций содержится в топливе, тем быстрее и более полно они испаряются. Легкое топливо при впрыскивании в камеру сгорания образует более мелкие капли, увеличивающие площадь испарения.

Пусковые свойства дизельного топлива оценивают по температуре выкипания 50%-ной фракции. Чем ниже температура выкипания этих фракций, тем более легкие углеводороды содержатся в топливе и тем легче осуществить пуск двигателя, особенно при низких температурах окружающего воздуха. Для нормального пуска холодного двигателя необходимо чтобы 50% топлива, изготовленного по ГОСТ 305–82 выкипало при температуре не более: для зимнего и летнего топлива – 280°С, для арктического – 255°С. Для дизельного топлива ЕВРО при температуре 250°С должно перегоняться менее 65% топлива.

Температура выкипания 90% (или 96%) топлива характеризует полноту испарения топлива в двигателе. Температура выкипания 90%-ной фракции должна быть для дизельных топлив по ГОСТ 305–82 не более 360°С для летних, не более 340°С для зимних и не более 330°С для арктических топлив.

Для экспортного дизельного топлива 90% должно перегоняться при температуре не выше: летнего – 340°С, зимнего – 330°С; 96% при температуре не выше: и летнего и зимнего – 360°С.

Для дизельного экологически чистого топлива нормируется температура конца перегонки: 96% (для дизельного топлива с депрессорными присадками 90%) должно перегоняться при температуре не выше: летнего – 360°С, зимнего – 340°С. Для дизельного топлива ЕВРО при температуре 350°С должно перегоняться не менее 85% топлива, 95% топлива должно перегоняться при температуре не выше 360°С.

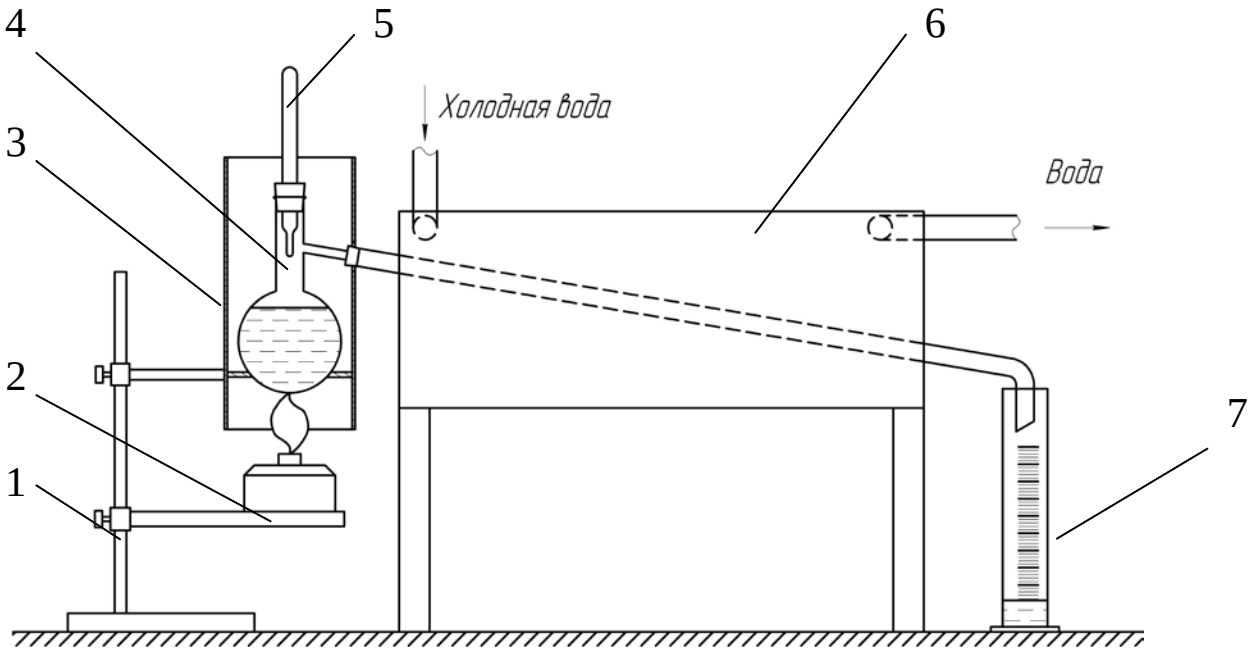
Тяжелые углеводороды, выкипающие в диапазоне от 340…360°С (в зависимости от сорта), являются крайне нежелательными. При высокой температуре выкипания наиболее тяжелые (хвостовые) фракции топлива не успевают испариться и

остаются в виде капель жидкости, которые оседают на стенках цилиндра, смывают с них смазку, разжижают моторное масло, вызывают повышенное нагарообразование, а также выбрасываются в окружающую среду. Все это приводит к усиленному износу, снижению мощности и ухудшению экономичности двигателя, оказывает негативное влияние на экологию.

При исследовании фракционного состава обычно строят кривую разгонки топлива, по осям которой отмечены температура и количество отогнанного нефтепродукта в %. Чем однороднее углеводородный состав топлива, тем более круто поднимается кривая разгонки в своей средней части. При таком характере кривой обеспечивается хорошая приемистость, устойчивость и экономичность работы двигателя на всех эксплуатационных режимах.

Таким образом, чем ниже температуры перегонки различных фракций, тем лучше соответствующие свойства дизельного топлива. Однако излишняя испаряемость приводит к потере наиболее легких компонентов, в результате чего может значительно измениться качество топлива. Кроме того при облегчении состава топлива возрастает период задержки самовоспламенения. Поэтому как чрезмерное утяжеление, так и облегчение состава топлива нежелательны.

При определении фракционного состава дизельного топлива применяют аппарат для разгонки нефтепродуктов, изображенный на рис. 7.



Р и с. 7. Схема аппарата для определения фракционного состава нефтепродуктов:
1 – штатив; *2* – горелка; *3* – кожух; *4* – колба с отводной трубкой; *5* – термометр; *6* – холодильник; *7* – мерный цилиндр

Порядок выполнения работы:

1) Перед проведением исследований образец дизельного топлива отстаивают и фильтруют.

2) Сухим и чистым градуированным цилиндром *7* отмеривают 100 мл испытуемого топлива и осторожно переливают его в охлажденную колбу *4* прибора так, чтобы жидкость не попала в пароотводную трубку колбы. Для равномерного кипения по всему объему в колбу помещают 2-3 кусочка пемзы (пористое вещество). В шейку колбы через плотно установленную пробку вставляют термометр *5* так, чтобы верх ртутного шарика находился на уровне нижнего края отводной трубки колбы, а ось термометра совпадала с осью шейки колбы.

3) Колбу с топливом устанавливают на асбестовую прокладку кожуха *3* и соединяют ее отводную трубку с входным концом трубки холодильника 6 при помощи плотно пригнанной пробки. При этом отводная трубка должна входить в трубку холодильника на 25…40 мм и не касаться ее стенок.

4) Градуированный измерительный цилиндр *7* для сбора отгоняемых фракций устанавливают под открытый выходной конец трубки холодильника.

5) Начинают опыт. Равномерно нагревают колбу газовой или спиртовой горелкой так, чтобы первая капля отогнанного топлива из трубки холодильника упала в цилиндр в течение 10…15 минут после начала нагревания.

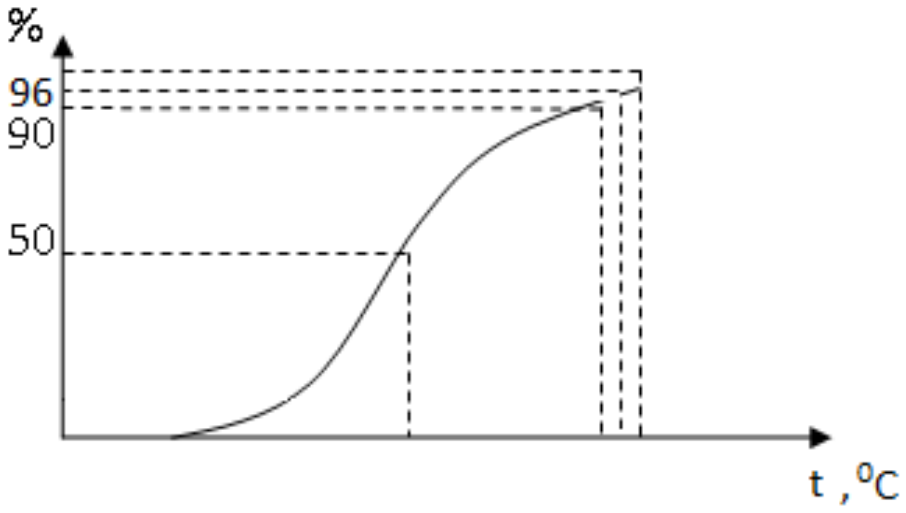
6) Записывают температуру, при которой падает первая капля в мерный цилиндр – температуру начала кипения. Далее перегонку ведут с постоянной скоростью 4-5 мл топлива в минуту (примерно 20…25 капель за 10 с). Через каждые 10 мл отогнанного в цилиндре топлива записывают температуру.

7) После достижения конечной температуры (для дизельных топлив температура выкипания 96% топлива) нагрев колбы прекращают, дают топливу стечь в течение 5 минут и записывают объем жидкости в цилиндре.

8) Охлажденный остаток из колбы сливают в измерительный градуированный цилиндр вместимостью 10 мл, замеряют остаток и записывают результат.

9) Записывают потери на испарение. Потерями на испарение считается разность между 100 мл взятого топлива и суммой отгона в цилиндре и остатка. По количеству потерь можно судить о содержании легкоиспаряющихся углеводородов в топливе.

10) По полученным во время опыта данным строится кривая разгонки топлива (рис. 8), на которой отмечаются характерные точки: перегонки 50% и 90% (96%) объема топлива.



Р и с. 8. Кривая фракционной разгонки дизельного топлива

11) Делается обоснованное заключение о качестве и эксплуатационных характеристиках исследуемого дизельного топлива.

Лабораторная работа 10
Определение вязкостно-температурных свойств моторного масла

Цели работы: освоить методику определения вязкостно-температурных свойств моторного масла и определить его эксплуатационные характеристики по результатам исследований.

Оборудование и материалы:

1) вискозиметры капиллярные стеклянные по ГОСТ 10028–81,

2) держатель (штатив) лабораторный вискозиметра, обеспечивающий строго вертикальное его положение,

3) баня вискозиметра, позволяющая регулировать температуру,

4) дистиллированная вода,

5) термометры жидкостные стеклянные по ASTM, IP, типа ТИН 10 по ГОСТ 400 или типов I и II по ГОСТ 13646 с диапазоном от –2°С до +100…+200°С,

6) секундомер,

7) испытуемое моторное масло.

Основные теоретические сведения.

Моторное масло в системе смазки двигателя внутреннего сгорания выполняет несколько основных функций: смазку поверхностей трения, их охлаждение и уплотнение зазоров между подвижными деталями. При выборе масла необходимо учитывать ряд факторов: условия работы двигателя, время года и техническое состояние двигателя. Для одного и того же двигателя, но работающего в различных условиях, следует использовать разные марки масел.

Для оценки эксплуатационных качеств масел большое значение имеет их вязкость. Величина вязкости определяет смазочные и противоизносные свойства масла, затраты энергии на обеспечение пуска холодного двигателя и циркуляции масла в системе смазки, условия поступления масла к поверхностям трения на неустановившихся режимах работы и при пуске двигателя, отвод теплоты и механических загрязнений (в т.ч. продуктов износа) от деталей двигателя, эффективность уплотнения зазоров между поверхностями трения и т.д. Вязкость

моторного масла, зависит от температуры, с увеличением которой она понижается, а с уменьшением – повышается.

Вязкость масла характеризуется двумя параметрами: значением вязкости при температуре 100°С (рабочая вязкость) и интенсивностью изменения вязкости при понижении температуры. Вязкость при 100°С определяет условия смазки при установившемся тепловом режиме двигателя (т.е. когда двигатель прогрет до рабочей температуры); вязкость при температурах, меньших 0°С – возможность пуска холодного двигателя.

Таким образом, желательно, чтобы при высоких температурах масло имело высокую вязкость для обеспечения лучшей смазываемости и жидкостного трения, а при низких температурах – низкую вязкость для уменьшения крутящего момента при прокручивании коленчатого вала и обеспечения хорошей прокачиваемости масла в смазочной системе. Поэтому масло должно иметь оптимальную вязкость, незначительно изменяющуюся с изменением температуры.

Интенсивность изменения вязкости масла при изменении температуры у разных моторных масел различна. Она может быть оценена по вязкостно-температурной кривой, показывающей зависимость вязкости масла от температуры. Крутизну вязкостно-температурной кривой оценивают по индексу вязкости. Индекс вязкости характеризует степень изменения вязкости в зависимости от температуры масла, или пологость вязкостно-температурной кривой масла. Индекс вязкости масел определяют в условных единицах, сравнивая кривые вязкости испытуемого масла и двух эталонных масел, одно из которых имеет очень пологую кривую – его индекс вязкости принят за 100, а другое – крутую кривую – индекс вязкости принят за 0. Эталонные масла имеют одинаковую вязкость с испытуемым маслом при температуре 98,8°С (100°С).

Чем выше индекс вязкости, тем лучше технико-эксплуатационные свойства моторных масел. Индекс вязкости находят по соответствующим формулам или номограмме.

Моторные масла с более высоким индексом вязкости обладают лучшими эксплуатационными свойствами. Для повышения индекса вязкости в моторные масла добавляют вязкостные присадки, в таком случае такие масла называют загущенными.

Загущенные масла обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами, хорошей текучестью при низких температурах, обеспечивают легкий и быстрый пуск двигателя в холодное время года, образуют небольшое количество нагара и обеспечивают минимальные потери мощности на трение.

Индекс вязкости (VI) определяют по ГОСТ 33–99, который устанавливает два метода расчета индекса вязкости нефтепродуктов и родственных им продуктов в зависимости от кинематической вязкости при 40 и 100°С: метод А – с индексом вязкости от 0 до 100 включительно; метод В – с индексом вязкости от 100 и выше.

Порядок выполнения работы:

1) Определяют кинематическую вязкость масла при 40°С и при 100°С. Порядок определения кинематической вязкости масла аналогичен порядку определения вязкости дизельного топлива и описан в работе №6.

2) Определяют индекс вязкости.

Метод А. Если кинематическая вязкость масла при 100°С ниже или равна 70 мм^2/с, значения, соответствующие L и D, определяют по табл. 1 приложений.

Если значения в таблице отсутствуют, но находятся в диапазоне таблицы, их рассчитывают методом линейной интерполяции. Если кинематическая вязкость нефтепродуктов при 100°С выше 70 мм^2/с, L и D вычисляют по формулам:

$$L = 0{,}8353\ Y^2 + 14{,}67\ Y - 216 \qquad (10)$$

$$D = 0{,}6669\ Y^2 + 2{,}82\ Y - 119\ , \qquad (11)$$

где L – кинематическая вязкость при 40°С нефтепродукта с индексом вязкости 0, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°С, что и испытуемый нефтепродукт, мм^2/с;

Y – кинематическая вязкость при 100°С нефтепродукта, индекс вязкости которого требуется определить (D = L – H), мм^2/с;

H – кинематическая вязкость при 40°С нефтепродукта с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°С, что и испытуемый нефтепродукт, мм^2/с.

Индекс вязкости VI нефтепродукта вычисляют по формулам:

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \cdot 100; \qquad (12)$$

$$VI = \frac{L - U}{D} \cdot 100; \qquad (13)$$

где U – кинематическая вязкость при 40°С нефтепродукта, индекс вязкости которого требуется определить (D = L – H), мм^2/с.

Метод В. Индекс вязкости VI вычисляют по формулам:

$$VI = \left\{ \frac{(anti \log N) - 1}{0{,}00715} \right\} + 100; \qquad (14)$$

$$N = (\log H - \log U)/\log Y, \qquad (15)$$

где U и Y – кинематические вязкости при 40 и 100°С соответственно для испытуемых нефтепродуктов;

H – кинематическая вязкость при 40°С нефтепродукта с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°С, что и испытуемый нефтепродукт.

Значение H определяют по табл. приложения. Если кинематическая вязкость нефтепродукта при 100°С выше 70 мм^2/с, H вычисляют по формуле:

$$H = 0{,}1684Y^2 + 11{,}85Y - 97. \qquad (16)$$

3) Полученный индекс вязкости VI округляют до наиболее близкого целого числа. Если результат выражен целым числом с пятью десятыми, его округляют до наиболее близкого четного числа. Например, 115,5 должно быть округлено до 116.

4) Делается обоснованное заключение о вязкостно-температурных и эксплуатационных характеристиках исследуемого масла.

Лабораторная работа 11
Определение температуры вспышки и воспламенения моторного масла в открытом тигле

Цель работы – освоить методику определения температуры вспышки и воспламенения моторного масла в открытом тигле и определить его эксплуатационные характеристики по результатам исследований.

Оборудование и материалы:

1) прибор Бренкена для определения температуры вспышки и воспламенения,

2) держатель (штатив) лабораторный,

3) термометры жидкостные стеклянные по ASTM, IP, типа ТИН 10 по ГОСТ 400 или типов I и II по ГОСТ 13646 с диапазоном –2…+300°С,

4) испытуемое моторное масло.

Основные теоретические сведения.

При нагревании моторные масла испаряются, при этом пары масла смешиваются с воздухом, образуя взрывчатую смесь.

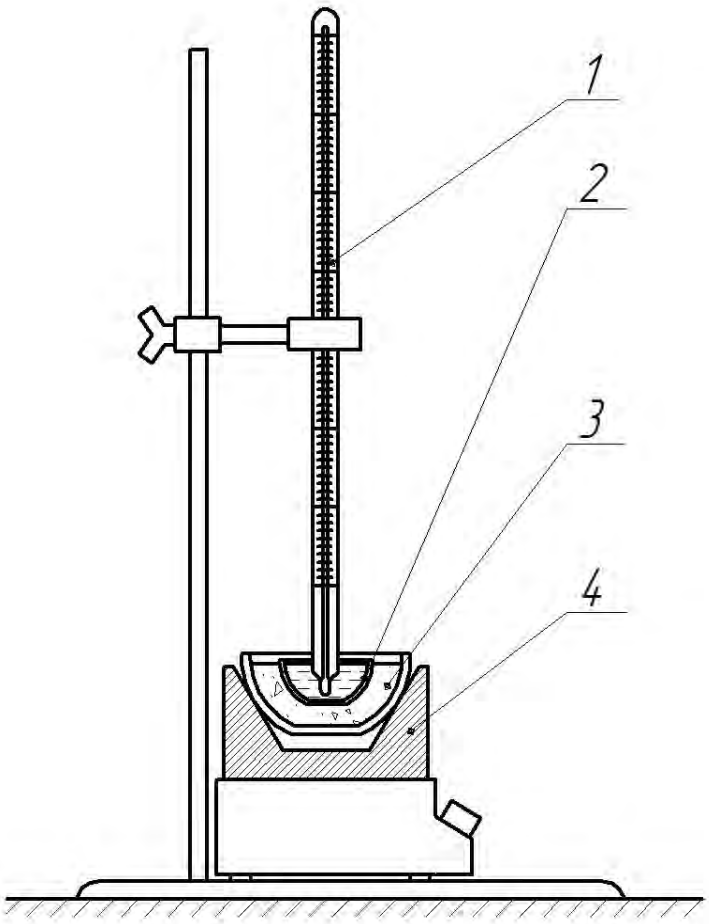
Температура вспышки – это минимальная температура, до которой необходимо нагреть масло, чтобы пары его образовали с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени.

Температурой воспламенения моторного масла называют температуру, при которой нагреваемое в определенных условиях масло загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 с.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность масла и указывают на наличие в нем низкокипящих фракций или примесей топлива.

В присутствии примесей топлива температура вспышки значительно снижается. Например при попадании в масло 1% бензина температура вспышки снижается с 200 до 170°С, а при попадании 6% бензина – почти в два раза. Величина температуры воспламенения на 20...25°С выше температуры вспышки.

На температуру вспышки оказывают влияние давление и влажность воздуха: увеличение атмосферного давления приводит к некоторому повышению температуры вспышки, а увеличение влажности воздуха – к уменьшению.



Р и с. 9. Прибор для определения температуры
вспышки и воспламенения:
1 – термометр; *2* – тигель; *3* – песочная баня;
4 – нагревательный элемент

Для определения температуры вспышки и воспламенения применяют прибор Бренкена (ГОСТ 1369–78) открытого типа (рис. 9).

Прибор состоит из наружного тигля с песком *1* и внутреннего тигля *2*.

Внутренний тигель аппарата должен быть установлен в наружный тигель аппарата с прокаленным песком таким образом, чтобы песок был на высоте около 12 мм от края внутреннего тигля, а между дном внутреннего тигля и наружным тиглем был слой песка толщиной 5…8 мм.

Для определения температуры вспышки и воспламенения применяют прибор Бренкена (ГОСТ 1369–78) открытого типа (рис. 9).

Прибор состоит из наружного тигля с песком *1* и внутреннего тигля *2*.

Внутренний тигель аппарата должен быть установлен в наружный тигель аппарата с прокаленным песком таким образом, чтобы песок был на высоте около 12 мм от края внутреннего тигля, а между дном внутреннего тигля и наружным тиглем был слой песка толщиной 5...8 мм.

При определении температуры вспышки и воспламенения испытуемое моторное масло наливают во внутренний тигель так, чтобы уровень масла отстоял от края тигля на 12 мм.

Правильный налив моторного масла проверяют шаблоном.

При наливании не допускается разбрызгивания масла и смачивания стенок внутреннего тигля выше уровня жидкости.

Тигли устанавливают в кольца штатива, который ставят в таком месте лаборатории, где отсутствует заметное движение воздуха и где свет настолько затемнен, что вспышка хорошо видна.

Во внутренний тигель с моторным маслом должен быть установлен термометр *1* в строго вертикальном положении так, чтобы ртутный шарик находился в центре тигля приблизительно на одинаковом расстоянии от дна тигля и от уровня масла.

Термометр закрепляют в таком положении в лапках штатива. Собранный аппарат для защиты окружают щитом из листовой стали, окрашенным с внутренней стороны черной краской.

Порядок выполнения работы:

1) Собирают прибор для определения температуры вспышки и воспламенения.

2) Наливают испытуемое масло во внутренний тигель *2*.

3) Устанавливают термометр *1* во внутренний тигель *2*.

4) Наружный тигель аппарата нагревают при помощи электроплитки или пламенем горелки так, чтобы испытуемое моторное масло нагревалось со скоростью 10°С в минуту.

За 40°С до ожидаемой температуры вспышки нагрев ограничивают 4°С в минуту.

За 10°С до ожидаемой температуры вспышки проводят медленно по краю тигля на расстоянии 10…14 мм от поверхности испытуемого масла и параллельно этой поверхности пламенем зажигательного приспособления.

Длина пламени должна быть 3…4 мм. Время продвижения пламени от одной стороны тигля до другой 2…3 сек.

Такое испытание повторяют через каждые 2°С подъема температуры. За температуру вспышки принимают температуру, при которой наблюдается первое синее пламя, пробегающее над частью или над всей поверхностью испытуемого нефтепродукта.

Не следует истинную вспышку смешивать с отблеском от пламени зажигательного, приспособления.

В случае появления неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой через 2°С. Записывают температуру вспышки.

5) Для определения температуры воспламенения моторного масла продолжают нагревание наружного тигля так, чтобы масло нагревалось со скоростью 4°С в минуту, и повторяют испытание пламенем зажигательного приспособления через каждые 2°С подъема температуры моторного масла.

За температуру воспламенения принимают температуру, показываемую термометром в тот момент, когда испытуемый нефтепродукт при поднесении к нему пламени зажигательного приспособления загорается и продолжает гореть не менее 5 с.

Записывают температуру воспламенения моторного масла.

6) Если барометрическое давление во время испытания ниже 715 мм рт. ст. необходимо добавить поправку (табл. 6) к полученным значениям температуры вспышки и воспламенения.

Таблица 6

Барометрическое давление, мм рт. ст.	Поправка, °С
609…550	+6
664…610	+4
715…665	+2

7) Делается обоснованное заключение об эксплуатационных характеристиках исследуемого масла.

Лабораторная работа 12
Определение плотности смазочного масла нефтеденсиметром

Цели работы: изучить методику определения плотности смазочного масла, определить фактическую плотность и плотность смазочного масла, приведенную к нормальной температуре, сделать заключение о качестве нефтепродукта по данному показателю.

Оборудование и материалы:

1) ареометры для нефти (нефтеденсиметры) по ГОСТ 18481 или аналогичные,

2) цилиндры для ареометров по ГОСТ 18481,

3) термометры ртутные стеклянные типа ТЛ-4 №4 по ТУ 25-2021.003 или типа ТИН 5 по ГОСТ 400,

4) испытуемые нефтепродукты: моторное, трансмиссионное или другое смазочное масло.

Основные теоретические сведения.

Основные теоретические сведения о плотности нефтепродуктов и методе ее измерения представлены в работе №5.

Плотность густых нефтепродуктов, например смазочных масел, имеющих высокую вязкость, невозможно определить данным методом непосредственно.

Поэтому при определении их плотности составляют смесь в определенной пропорции из нескольких частей масла и растворителя, например бензина или дизельного топлива.

Предварительно плотность растворителя измеряют.

Далее нефтеденсиметром измеряют плотность полученной смеси, составляют уравнение и из него вычисляют плотность густого нефтепродукта.

Например, если в смесь входят X частей масла и Y частей растворителя, то плотность масла будет находиться из уравнения:

$$\rho^{20}_{\text{масла}} = (X + Y) \cdot \rho^{20}_{\text{смеси}} - Y \cdot \rho^{20}_{\text{раств}}, \qquad (17)$$

где $\rho^{20}_{\text{смеси}}$ – плотность смеси, кг/м^3;

$\rho^{20}_{\text{раств}}$ – плотность растворителя, кг/м^3.

Порядок выполнения работы:

1) Испытуемый нефтепродукт выдерживают при температуре окружающей среды до тех пор, пока он не примет эту температуру.

2) Устанавливают цилиндр для ареометров на ровную горизонтальную поверхность.

3) Наливают в цилиндр для ареометров нефтепродукт, который будет применен в качестве растворителя, не допуская образования на его поверхности пузырьков воздуха.

4) Чистый сухой ареометр медленно и осторожно опускают в растворитель таким образом, чтобы не происходило смачивания его шкалы выше уровня погружения.

5) После того как прекратятся колебания ареометра, и убедившись, что он не касается стенок цилиндра, производят отсчет по шкале плотности по верхнему краю мениска. При этом глаз должен находиться на уровне мениска (см. рис. 5).

6) Фиксируют температуру растворителя по шкале термометра, встроенного в нефтеденсиметр, или измеряют дополнительным термометром.

7) Значение измеренной плотности растворителя приводят к температуре 20°С путем внесения поправки по формуле:

$$\rho^{20} = \rho^{t} + \gamma(t - 20), \qquad (18)$$

где ρ^{t} – плотность топлива при температуре испытания, кг/м^3;

γ – средняя температурная поправка плотности;

t – температура испытания, °С. Средние температурные поправки плотности нефтепродуктов указаны в табл. 5.

8) Составляют смесь в определенной пропорции из нескольких частей масла и растворителя, например бензина или дизельного топлива. Части нефтепродуктов отмеряют при помощи мерного цилиндра.

9) Нефтеденсиметром измеряют плотность полученной смеси, аналогично процессу измерения плотности растворителя, представленному в пунктах 2–7 порядка выполнения работы.

10) Составляют уравнение согласно формуле 17 и из него вычисляют плотность густого нефтепродукта.

11) По окончании испытаний делается обоснованное заключение о качестве нефтепродуктов по исследуемому показателю и рекомендации по их применению.

Лабораторная работа 13
Определение содержания воды в дизельном топливе

Цели работы: изучить методику определения содержания воды в дизельном топливе, сделать заключение о качестве нефтепродукта по данному показателю.

Оборудование и материалы:

1) аппарат для количественного определения содержания воды типа АКОВ-2,

2) мерный цилиндр на 100 $см^3$ с ценой деления 1 $см^3$,

3) колбонагреватель,

4) палочка стеклянная длиной 500 мм с резиновым наконечником или металлическая проволока с утолщением на конце,

5) растворитель – бензин неэтилированный,

6) испытуемое дизельное топливо.

Основные теоретические сведения.

Наличие воды в дизельном топливе не допускается.

Вода повышает коррозионные свойства топлива и нарушает нормальную работу двигателя, в холодное время года в результате замерзания воды в топливе топливная аппаратура забивается кристаллами льда, что ведет к перебоям в работе или остановке двигателя.

Вода в нефтепродуктах может содержаться в растворенном виде или в виде эмульсии.

В емкостях с топливом, в которых на дне содержится вода, может происходить микробное загрязнение топлива.

Микроорганизмы живут на границе раздела вода – топливо в воде, питаясь топливом.

В результате жизнедеятельности микробов в топливе происходят неблагоприятные изменения, которые приводят к помутнению топлива, микробиологической коррозии, образованию осадка, засорению фильтров, трубопроводов, снижению эффективности присадок.

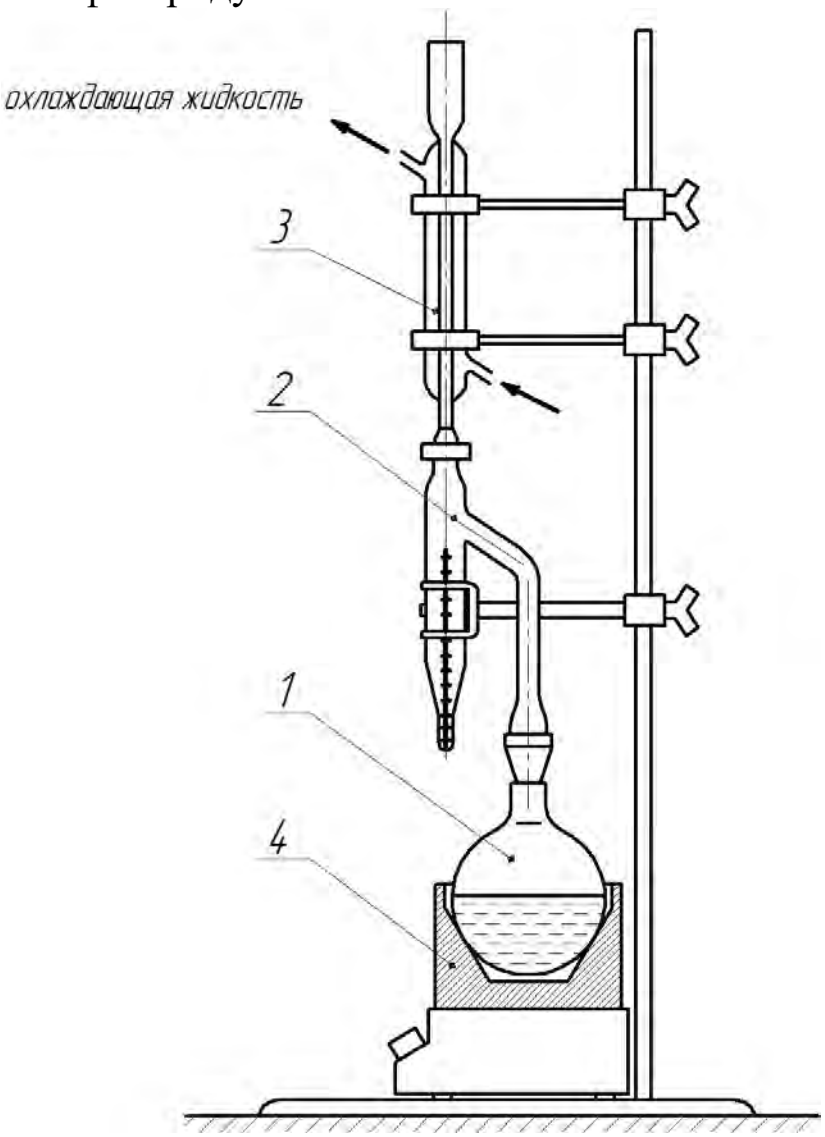
Для установления факта наличия воды в топливе проводят

исследования на качественное определение.

Качественное определение присутствия воды в нефтепродуктах производится пробой на вспенивание и потрескивание.

При качественном определении содержания воды в пробирку помещают 2…3 мл нефтепродукта и производят нагрев.

Потрескивание, вспенивание, а иногда и выброс нефтепродукта из пробирки свидетельствует о наличии воды в испытуемом нефтепродукте.



Р и с. 10. Схема установки с аппаратом АКОВ
для количественного определения
содержания воды в нефтепродуктах:

1 – узкогорлая колба с испытуемым нефтепродуктом;
2 – приемник-ловушка; *3* – холодильник; *4* – колбонагреватель

Количественное содержание воды в нефтепродуктах опре-

деляется перегонкой их с растворителем с помощью аппарата типа АКОВ-2 (рис. 10). Растворителем является чистый обезвоженный бензин.

Аппарат АКОВ-2 состоит из колбы *1*, вместимостью 500 мл; приемника-ловушки *2*; холодильника *3*. Приемник-ловушка соединяется с холодильником и колбой при помощи взаимозаменяемых шлифов. При нагревании колбы образовавшиеся пары бензина и воды проходят через холодильник, конденсируются и стекают по стенкам холодильника в приемник-ловушку *2*.

Вода, как более тяжелая, собирается в нижней его части. Нагревание колбы продолжают, пока количество воды в приемнике-ловушке не перестанет увеличиваться. Количество отогнанной воды отсчитывают по делениям, нанесенным на приемнике-ловушке.

Порядок выполнения работы:

1) Пробу испытуемого нефтепродукта тщательно перемешивают встряхиванием в течение пяти минут в склянке, заполненной не более чем на 3/4 емкости. Затем в сухую и чистую колбу *1* мерным цилиндром отмеривают 100 $см^3$ нефтепродукта. Если проводят испытания дизельного топлива или консистентных смазок, то в колбу добавляют также 100 $см^3$ растворителя. Помещают в колбу 2-3 кусочка пористого вещества (пемзы) для равномерного кипения.

2) Собирают аппарат. Узкогорлую колбу *1* соединяют непосредственно при помощи шлифа с отводной трубкой приемника-ловушки *2*. К приемнику-ловушке присоединяют при помощи шлифа холодильник *3*. Верхний конец трубки холодильника следует закрывать ватой во избежание конденсации атмосферной влаги внутри трубки холодильника. Закрепляют аппарат в собранном виде на штативе, при этом колбу *1* устанавливают в колбонагреватель или помещают над горелкой.

3) Нагревают содержимое колбы до кипения и далее перегонку ведут так, чтобы из косо срезанного конца трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2…4 капли в 1 с. Перегонку прекращают, как только объем воды в приемнике-ловушке не будет увеличиваться. Время перегонки должно быть не менее 30 и не более 60 мин.

4) Оставшиеся на стенках трубки холодильника капельки воды сталкивают в приемник-ловушку стеклянной палочкой или металлической проволокой.

5) После того как колба охладится, аппарат разбирают и сталкивают стеклянной палочкой или проволокой капельки воды со стенок приемника-ловушки.

6) Записывают объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке, с точностью до одного верхнего деления занимаемой водой части приемника-ловушки. Если количество воды меньше половины нижнего деления ловушки 0,025 $см^3$, то оно считается следами.

7) По окончании испытаний делается обоснованное заключение о качестве нефтепродуктов по исследуемому показателю и рекомендации по их применению.

Лабораторная работа 14
Определение условной вязкости моторного масла

Цель работы: изучить методику определения условной вязкости моторного масла, сделать заключение о качестве нефтепродукта по данному показателю.

Оборудование и материалы:

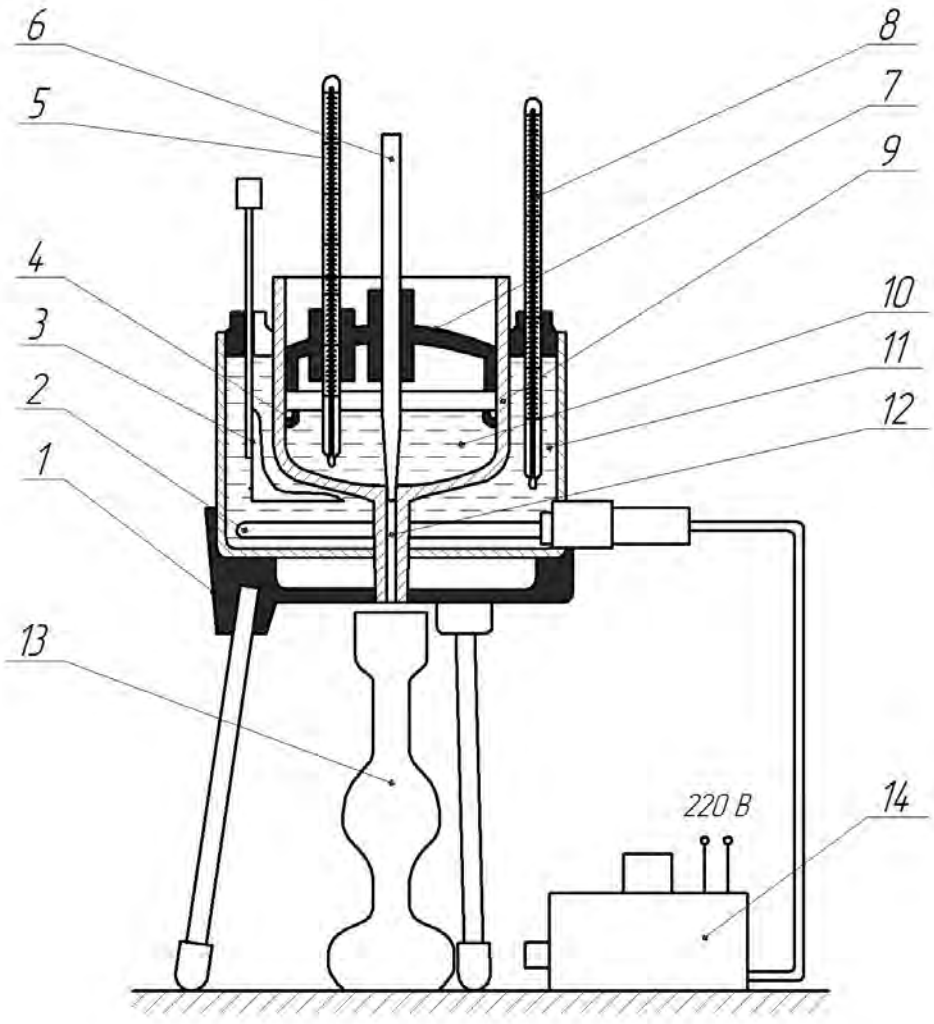
1) вискозиметр типа ВУ с принадлежностями;
2) секундомер;
3) стеклянная палочка длиной 150…250 мм, диаметром 3…5 мм;
4) этиловый эфир;
5) спирт этиловый ректификационный;
6) неэтилированный бензин;
7) вода дистиллированная;
8) бумага фильтровальная;
9) испытуемое моторное масло.

Основные теоретические сведения.

Условная вязкость – отношение времени истечения из вискозиметра типа ВУ 200 мл испытуемого нефтепродукта при температуре испытания ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при температуре 20°С, являющимся

постоянной (водное число) прибора. Условная вязкость выражается числом условных градусов.

Условная вязкость определяется по ГОСТ 6258–85 с помощью вискозиметра типа ВУ. Метод определения условной вязкости применяется для нефтепродуктов, дающих непрерывную струю в течение всего испытания. Устройство прибора ВУ показано на рис. 11.



Р и с. 11. Вискозиметр типа ВУ:

1 – основание; *2* – нагреватель; *3* – мешалка;
4 – контрольный крючок; *5*, *8* – термометры; *6* – стержень;
7 – крышка; *9* – резервуар; *10* – анализируемый нефтепродукт;
11 – ванна; *12* – сточная трубка; *13* – измерительная колба;
14 – регулятор мощности

Вискозиметр ВУ представляет собой резервуар *9* со сточной трубкой *12*, который установлен внутри ванны *11* наполненной

водой.

В нижней части ванны расположен нагреватель *2* для подогрева жидкости и мешалка *3* для перемешивания термостатирующей жидкости в ванне с целью достижения ее равномерного прогрева.

Ванна размещена на основании *1* с тремя ножками. В крышке *7* резервуара имеются направляющие втулки, которые удерживают вставленные в их отверстия термометр *5* и стержень *6*, используемый в качестве пробки для сточной трубки *12*. Второй термометр *8* вставлен в отверстие крышки ванны.

Уровень анализируемого нефтепродукта *10* в резервуаре *9* контролируется по трем контрольным крючкам *4*, острия которых должны быть едва заметны над поверхностью жидкости и находиться в одной горизонтальной плоскости, что достигается регулировкой наконечников ножек.

Время истечения анализируемого нефтепродукта через сточную трубку определяется от момента удаления стержня из отверстия сточной трубки до момента достижения вытекающей жидкостью уровня 200 мл в измерительной колбе *13*, установленной в нижней части вискозиметра. Регулятор мощности *14* предназначен для регулирования нагрева и для поддержания постоянной температуры термостатирующей жидкости в ванне и анализируемого нефтепродукта в резервуаре.

Перед каждым определением условной вязкости резервуар вискозиметра и сточную трубку тщательно промывают последовательно этиловым спиртом и дистиллированной водой, высушивают воздухом. Вытирать внутренний резервуар нельзя, допускается оставшиеся капли снимать фильтровальной бумагой. Постоянная вискозиметра (водное число) – это время истечения через сточную трубку 200 мл дистиллированной воды при температуре 20°С, оно составляет 51±1 с.

Порядок выполнения работы:

1) Плотно закрывают стержнем сточное отверстие вискозиметра. При закрывании нельзя сильно нажимать на стержень – это ведет к его быстрому изнашиванию.

2) Подготовленный нефтепродукт осторожно наливают в резервуар вискозиметра, чтобы при этом не образовалось пузырьков воздуха, до уровня, немного превышающего уровень

крючков. В ванну вискозиметра наливают воду (для определения вязкости при температуре ниже 80°С).

3) Регулятор мощности, подсоединенный к вискозиметру, включают в сеть. Жидкость в ванне помешивают с помощью мешалки, а испытуемый нефтепродукт путем вращения крышки резервуара. Следят, чтобы температура нефтепродукта в течение испытания оставалась постоянной, для чего регулируют мощность, выделяемую нагревателем. Подняв и опустив стержень, кратковременно открывают сточное отверстие, чтобы поверхность нефтепродукта в резервуаре достигла уровня, контролируемого остриями крючков. Если нефтепродукта вытечет больше, чем нужно, следует осторожно добавлять его по каплям до достижения уровня остриев крючков, следя за тем, чтобы при этом в нефтепродукте не образовывались пузырьки воздуха.

4) Под сточное отверстие вискозиметра ставят чистую измерительную колбу и продолжают помешивать нефтепродукт, осторожно вращая вокруг стержня крышку резервуара с термометром.

5) Когда показание термометра совпадает с заданным (50°С) значением температуры для определения вязкости, выжидают пять минут, затем быстро вынимают стержень из сточной трубки и одновременно включают секундомер. При достижении нефтепродуктом в измерительной колбе отметки 200 мл, останавливают секундомер и отсчитывают время истечения нефтепродукта с точностью до 0,2 с.

6) Рассчитывают условную вязкость (с точностью до 0,1) испытуемого нефтепродукта при температуре t в условных градусах вычисляют по формуле:

$$ВУ_t = \tau_t / \tau_{20}^{H_2O}, \qquad (19)$$

где τ_t – время истечения в секундах из вискозиметра 200 мл испытуемого нефтепродукта при температуре испытания t;

$\tau_{20}^{H_2O}$ – водное число вискозиметра в секундах.

7) По условной вязкости рассчитывают динамическую и кинематическую вязкость. Динамическую вязкость (в мПа•с) рассчитывают по формуле:

$$H_t = 0{,}00067 \cdot ВУ_t — (0{,}00058 / ВУ_t). \qquad (20)$$

Кинематическую вязкость (в $мм^2/с$) рассчитывают по формуле:

$$\upsilon_t = \eta_t / \rho_t, \quad (21)$$

где η_t – динамическая вязкость при температуре t в мПа•с;

ρ_t – плотность моторного масла при температуре t в $г/см^3$.

8) По окончании испытаний делается обоснованное заключение о качестве нефтепродукта по исследуемому показателю и рекомендации по его применению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков, А.Л. Топливо и смазочные материалы [Текст]: **м**етодические указания/ А.Л. Бирюков, В.А. Коптяев.– Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2012.– 43 с.
2. Карташевич, Анатолий Николаевич. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко; ред. А.Н. Карташевич.– Электрон. дан.– М.: Инфра-М; Минск: Новое знание, 2019.– 421 с.– (Высшее образование – Бакалавриат). – Режим доступа: http://znanium.com/go.php?id=997110
3. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Остриков [и др.]; под общ. ред. В.В. Острикова.– Электрон. дан.– М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.– 244 с.– Режим доступа: http://znanium.com/go.php?id=1048739
4. Карташевич, А.Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко.– Электрон. дан.– Минск: Новое знание, 2015.– 420 с.– Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=483184 — Загл. с экрана.
5. Топливо и смазочные материалы [Текст]: учебно-методическое пособие / Сост. А.Л. Бирюков.– Вологда – Молочное: ВГМХА, 2015.– 66 с.

Приложение

Таблица – Измеренные значения *L*, *D*, *H* для кинематической вязкости

Кинематическая вязкость при 100°С, мм^2/с	*L*	*D* = (*L* - *H*)	*H*	Кинематическая вязкость при 100°С, мм^2/с	*L*	*D* = (*L* - *H*)	*H*
2,00	7,994	1,600	6,394	3,30	18,18	3,971	14,21
2,10	8,640	1,746	6,894	3,40	19,12	4,196	14,93
2,20	9,309	1,898	7,410	3,50	20,09	4,428	15,66
2,30	10,00	2,056	7,944	3,60	21,08	4,665	16,42
2,40	10,71	2,219	8,496	3,70	22,09	4,909	17,19
2,50	11,45	2,390	9,063	3,80	23,13	5,157	17,97
2,60	12,21	2,567	9,647	3,90	24,19	5,415	18,77
2,70	13,00	2,748	10,25	4,00	25,32	5,756	19,56
2,80	13,80	2,937	10,87	4,10	26,50	6,129	20,37
2,90	14,63	3,132	11,50	4,20	27,75	6,546	21,21
3,00	15,49	3,334	12,15	4,30	29,07	7,017	22,05
3,10	16,36	3,540	12,82	4,40	30,48	7,560	22,92
3,20	17,26	3,753	13,51	4,50	31,96	8,156	23,81
4,60	33,52	8,806	24,71	10,7	165,8	74,42	91,40
4,70	35,13	9,499	25,63	10,8	168,5	75,86	92,65
4,80	36,79	10,22	26,57	10,9	171,2	77,33	93,92
4,90	38,50	10,97	27,53	11,0	173,9	78,75	95,19
5,00	40,23	11,74	28,49	11,1	176,6	80,20	96,45
5,10	41,99	12,53	29,46	11,2	179,4	81,65	97,71
5,20	43,76	13,32	30,43	11,3	182,1	83,13	98,97
5,30	45,53	14,13	31,40	11,4	184,9	84,63	100,2
5,40	47,31	14,94	32,37	11,5	187,6	86,10	101,5
5,50	49,09	15,75	33,34	11,6	190,4	87,61	102,8
5,60	50,87	16,55	34,32	11,7	193,3	89,18	104,1
5,70	52,64	17,36	35,29	11,8	196,2	90,75	105,4
5,80	54,42	18,16	36,26	11,9	199,0	92,30	106,7
5,90	56,20	18,97	37,23	12,0	201,9	93,87	108,0
6,00	57,97	19,78	38,19	12,1	204,8	95,47	109,4
6,10	59,74	20,57	39,17	12,2	207,8	97,07	110,7
6,20	61,52	21,38	40,15	12,3	210,7	98,66	112,0
6,30	63,32	22,19	41,13	12,4	213,6	100,3	113,3
6,40	65,18	23,03	42,14	12,5	216,6	101,9	114,7
6,50	67,12	23,94	43,18	12,6	219,6	103,6	116,0
6,60	69,16	24,92	44,24	12,7	222,6	105,3	117,4
6,70	71,29	25,96	45,33	12,8	225,7	107,0	118,7
6,80	73,48	27,04	46,44	12,9	228,8	108,7	120,1
6,90	75,72	28,21	47,51	13,0	231,9	110,4	121,5
7,00	78,00	29,43	48,57	13,1	235,0	112,1	122,9
7,10	80,25	30,63	49,61	13,2	238,1	113,8	124,2
7,20	82,39	31,70	50,69	13,3	241,2	115,6	125,6

Продолжение таблицы

Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H	Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H
7,30	84,53	32,74	51,78	13,4	244,3	117,3	127,0
7,40	86,66	33,79	52,88	13,5	247,4	119,0	128,4
7,50	88,85	34,87	53,98	13,6	250,6	120,8	129,8
7,60	91,04	35,94	55,09	13,7	253,8	122,6	131,2
7,70	93,20	37,01	56,20	13,8	257,0	124,4	132,6
7,80	95,43	38,12	57,31	13,9	260,1	126,2	134,0
7,90	97,72	39,27	58,45	14,0	263,3	128,0	135,4
8,00	100,0	40,40	59,60	14,1	266,6	129,8	136,8
8,10	102,3	41,57	60,74	14,2	269,8	131,6	138,2
8,20	104,6	42,72	61,89	14,3	273,0	133,5	139,6
8,30	106,9	43,85	63,05	14,4	276,3	135,3	141,0
8,40	109,2	45,01	64,18	14,5	279,6	137,2	142,4
8,50	111,5	46,19	65,32	14,6	283,0	139,1	143,9
8,60	113,9	47,40	66,48	14,7	286,4	141,1	145,3
8,70	116,2	48,57	67,64	14,8	289,7	142,9	146,8
8,80	118,5	49,75	68,79	14,9	293,0	144,8	148,2
8,90	120,9	50,96	69,94	15,0	296,5	146,8	149,7
9,00	123,3	52,20	71,10	15,1	300,0	148,8	151,2
9,10	125,7	53,40	72,27	15,2	303,4	150,8	152,6
9,20	128,0	54,61	73,42	15,3	306,9	152,8	154,1
9,30	130,4	55,84	74,57	15,4	310,3	154,8	155,6
9,40	132,8	57,10	75,73	15,5	313,9	156,9	157,0
9,50	135,3	58,36	76,91	15,6	317,5	158,9	158,6
9,60	137,7	59,60	78,08	15,7	321,1	161,0	160,1
9,70	140,1	60,87	79,27	15,8	324,6	163,0	161,6
9,80	142,7	62,22	80,46	15,9	328,3	165,2	163,1
9,90	145,2	63,54	81,67	16,0	331,9	167,3	164,6
10,0	147,7	64,86	82,87	16,1	335,5	169,4	166,1
10,1	150,3	66,22	84,08	16,2	339,2	171,5	167,7
10,2	152,9	67,56	85,30	16,3	342,9	173,7	169,2
10,3	155,4	68,90	86,51	16,4	346,6	175,8	170,7
10,4	158,0	70,25	87,72	16,5	350,3	178,1	172,3
10,5	160,6	71,63	88,95	16,6	354,1	180,3	173,8
10,6	163,2	73,00	90,19	16,7	358,0	182,5	175,4
16,8	361,7	184,7	177,0	25,8	779,7	443,0	336,7
16,9	365,6	187,0	178,6	26,0	790,4	449,8	340,5
17,0	369,4	189,2	180,2	26,2	801,6	457,2	344,4
17,1	373,3	191,5	181,7	26,4	812,8	464,4	348,4
17,2	377,1	193,8	183,3	26,6	824,1	471,8	352,3
17,3	381,0	196,1	184,9	26,8	835,5	479,1	356,4
17,4	384,9	198,4	186,5	27,0	847,0	486,6	360,5
17,5	388,9	200,8	188,1	27,2	857,5	492,9	364,6
17,6	392,7	203,0	189,7	27,4	869,0	500,6	368,3
17,7	396,7	205,3	191,3	27,6	880,6	508,3	372,3

Продолжение таблицы

Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H	Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H
17,8	400,7	207,7	192,9	27,8	892,3	515,9	376,4
17,9	404,6	210,0	194,6	28,0	904,1	523,5	380,6
18,0	408,6	212,4	196,2	28,2	915,8	531,2	384,6
18,1	412,6	214,8	197,8	28,4	927,6	538,8	388,8
18,2	416,7	217,3	199,4	28,6	938,6	545,7	393,0
18,3	420,7	219,7	201,0	28,8	951,2	554,5	396,6
18,4	424,9	222,2	202,6	29,0	963,4	562,3	401,1
18,5	429,0	224,7	204,3	29,2	975,4	570,1	405,3
18,6	433,2	227,2	205,9	29,4	987,1	577,6	409,5
18,7	437,3	229,7	207,6	29,6	998,9	585,3	413,5
18,8	441,5	232,3	209,3	29,8	1011	593,4	417,6
18,9	445,7	234,7	211,0	30,0	1023	601,6	421,7
19,0	449,9	237,3	212,7	30,5	1055	622,3	432,4
19,1	454,2	239,8	214,4	31,0	1086	643,2	443,2
19,2	458,4	242,3	216,1	31,5	1119	664,5	454,0
19,3	462,7	245,0	217,7	32,0	1151	686,0	464,9
19,4	467,0	247,6	219,4	32,5	1184	708,0	475,9
19,5	471,3	250,2	221,7	33,0	1217	730,2	487,0
19,6	475,7	252,9	222,8	33,5	1251	752,8	498,1
19,7	479,7	255,2	224,5	34,0	1286	776,8	509,6
19,8	483,0	257,8	226,2	34,5	1321	799,9	521,1
19,9	488,6	260,9	227,7	35,0	1356	823,4	532,5
20,0	493,2	263,7	229,5	35,5	1391	847,2	544,0
20,2	501,5	268,5	233,0	36,0	1427	871,2	555,6
20,4	510,8	274,4	236,4	36,5	1464	896,5	567,1
20,6	519,9	279,8	240,1	37,0	1501	921,8	579,3
20,8	528,8	285,3	243,5	37,5	1538	946,8	591,3
21,0	538,4	291,3	247,1	38,0	1575	972,3	603,1
21,2	547,5	296,8	250,7	38,5	1613	998,3	615,0
21,4	556,7	302,6	254,2	39,0	1651	1024	627,1
21,6	566,4	308,6	257,8	39,5	1691	1052	639,2
21,8	575,6	314,1	261,5	40,0	1730	1079	651,8
22,0	585,2	320,2	264,9	40,5	1770	1106	664,2
22,2	595,0	326,4	268,6	41,0	1810	1133	676,6
22,4	604,3	332,0	272,3	41,5	1851	1162	689,1
22,6	614,2	338,4	275,8	42,0	1892	1191	701,9
22,8	624,1	344,5	279,6	42,5	1935	1220	714,9
23,0	633,6	350,3	283,3	43,0	1978	1250	728,2
23,2	643,4	356,6	286,8	43,5	2021	1280	741,3
23,4	653,8	363,3	290,5	44,0	2064	1310	754,4
23,6	663,3	369,0	294,4	44,5	2108	1340	767,6
23,8	673,7	375,7	297,9	45,0	2152	1371	780,9
24,0	683,9	382,1	301,8	45,5	2197	1403	794,5
24,2	694,5	388,9	305,6	46,0	2243	1434	808,2

Продолжение таблицы

Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H	Кинематическая вязкость при 100°С, мм2/с	L	D = (L - H)	H
24,4	704,2	394,8	309,4	46,5	2288	1466	821,9
24,6	714,9	401,9	313,0	47,0	2333	1498	835,5
24,8	725,7	408,8	317,0	47,5	2380	1530	849,2
25,0	736,5	415,6	320,9	48,0	2426	1563	863,0
25,2	747,2	422,4	324,9	48,5	2473	1596	876,9
25,4	758,2	429,5	328,8	49,0	2521	1630	890,9
25,6	769,3	436,6	332,7	49,5	2570	1665	905,3
50,0	2618	1699	919,6	60,5	3734	2496	1238
50,5	2667	1733	933,6	61,0	3792	2538	1254
51,0	2717	1769	948,2	61,5	3850	2579	1270
51,5	2767	1804	962,9	62,0	3908	2621	1286
52,0	2817	1839	977,5	62,5	3966	2664	1303
52,5	2867	1875	992,1	63,0	4026	2707	1319
53,0	2918	1911	1007	63,5	4087	2751	1336
53,5	2969	1947	1021	64,0	4147	2795	1352
54,0	3020	1984	1036	64,5	4207	2858	1369
54,5	3073	2022	1051	65,0	4268	2382	1386
55,0	3126	2060	1066	65,5	4329	2927	1402
55,5	3180	2098	1082	66,0	4392	2973	1419
56,0	3233	2136	1097	66,5	4455	3018	1436
56,5	3286	2174	1112	67,0	4517	3064	1454
57,0	3340	2213	1127	67,5	4580	3110	1471
57,5	3396	2253	1143	68,0	4645	3157	1488
58,0	3452	2293	1159	68,5	4709	3204	1506
58,5	3507	2332	1175	69,0	4773	3250	1523
59,0	3563	2372	1190	69,5	4839	3298	1541
59,5	3619	2413	1206	70,0	4905	3346	1558
60,0	3676	2454	1222				

С о д е р ж а н и е

Общие правила выполнения лабораторных работ по дисциплине.....3
Техника безопасности и противопожарные мероприятия при выполнении лабораторных работ по дисциплине 4

Лабораторная работа 1. Исследование фракционного состава бензина.....6

Лабораторная работа 2. Определение качества нефтепродуктов простейшими методами 11

Лабораторная работа 3. Исследование пластичных смазок.....16

Лабораторная работа 4. Определение температуры вспышки дизельных топлив.....21

Лабораторная работа 5. Определение плотности нефтяных топлив 25

Лабораторная работа 6. Определение кинематической и динамической вязкости нефтяных топлив 29

Лабораторная работа 7. Определение октанового числа бензина 34

Лабораторная работа 8. Определение цетанового числа дизельного топлива 38

Лабораторная работа 9. Исследование фракционного состава дизельного топлива.....40

Лабораторная работа 10. Определение вязкостно-температурных свойств моторного масла.....46

Лабораторная работа 11. Определение температуры вспышки и воспламенения моторного масла в открытом тигле.....49

Лабораторная работа 12. Определение плотности смазочного масла нефтеденсиметром 54

Лабораторная работа 13. Определение содержания воды в дизельном топливе 56

Лабораторная работа 14. Определение условной вязкости моторного масла.....59

Список литературы 63

Приложение 64

Учебное издание

БИРЮКОВ Александр Леонидович

ТОПЛИВО
И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебно-методическое пособие

Технический редактор Ю.И. Чикавинский

Подписано в печать 19.05.2023 г. Формат 60/90 1/16
Объем 4,2 усл. печ. л. Тираж 300 экз.
Заказ № -Р

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА
160555 г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2