

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования

Воронежский государственный технический университет

Кафедра строительной техники и инженерной механики
им. профессора Н.А. Ульянова

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ

для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

и 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»,

специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологический средства»

Воронеж 2020

УДК 662.7:621.892:625.7.084(07)
ББК 39.3я7

Составители: д-к. техн. наук, проф. Ю. Ф. Устинов
канд. техн. наук, доц. Н. М. Волков
канд. техн. наук, доц. Д. Н. Дёгтев
канд. техн. наук, доц. С. А. Никитин

Эксплуатационные материалы: методические указания к выполнению лабораторных работ для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологический средства» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. Ф. Устинов, Н. М. Волков, Д. Н. Дёгтев, С. А. Никитин. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – 31 с.

Методические указания являются практическим руководством к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Эксплуатационные материалы» и содержат необходимый теоретический материал для грамотного освоения материала.

Дано описание лабораторных работ по определению эксплуатационных свойств топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, применяемых для строительных, дорожных и коммунальных машин и оборудования.

Предназначены для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологический средства» дневной и заочной формам обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ЭМ_МУ.pdf.

Ил. 8. Табл. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК662.7:621.892:625.7.084(07)
ББК 39.3я7

Рецензент – А. В. Андреев, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университет*

ВВЕДЕНИЕ

Одновременно с изучением теоретической части курса «Эксплуатационные материалы» студенты должны самостоятельно в лаборатории выполнить цикл работ по определению качественных показателей различных видов топлива, масел и технических жидкостей.

Для успешного проведения лабораторных работ большое значение имеет организация рабочих мест, правильный отбор проб и подготовка их к анализу, соблюдение правил техники безопасности и противопожарных мероприятий.

В настоящие методические указания включены 8 лабораторных работ по определению наиболее важных качественных показателей, нормируемых соответствующими ГОСТами для топлива и смазочных материалов, применяемых в инженерной практике при эксплуатации строительных, дорожных, коммунальных машин, автотракторной техники, а также технологического оборудования.

Описание лабораторных работ основано на действующих стандартах по испытанию топливо-смазочных материалов, но порядок их проведения значительно упрощен и сокращен по объему с тем, чтобы каждый студент мог усвоить суть работы, выполнить ее и получить вполне достоверные данные для сравнения с данными соответствующего ГОСТа или ТУ.

С целью экономии учебного времени некоторые лабораторные работы рекомендуется выполнять параллельно с другими, используя при этом перерывы между отдельными операциями.

Одновременно с выполнением лабораторных работ по определению качественных показателей студенты должны наглядно ознакомиться с образцами товарного ассортимента различных видов топлива, смазочных материалов и технических жидкостей, изучить их марки, различия по характерным признакам.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И КОНТРОЛЬ ЗА ВЫПОЛНЕНИЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Студенты обязаны заранее ознакомиться с содержанием предстоящей лабораторной работы и порядком ее выполнения, так как основную часть работы они выполняют самостоятельно под наблюдением преподавателя.

Рабочее место должно быть оборудовано всем необходимым для проведения данной работы. На нем не должно быть приборов, образцов и других предметов, не связанных с работой.

Во время проведения испытания студент обязан внимательно следить за ходом работы, выполнять отдельные операции в соответствии с методикой и порядком проведения данной работы и записывать получаемые опытные данные в тетради или лабораторном журнале.

По окончании испытания каждый студент обрабатывает опытные данные, дает описание лабораторной установки и методики проведения работы, после чего самостоятельно составляет отчет с необходимыми выводами и в конце текущего или начале следующего занятия представляет его преподавателю на проверку.

Примерная схема составления отчета:

- 1) название лабораторной работы;
- 2) цель проведения работы;
- 3) объект испытания и контрольно-измерительные приборы;
- 4) методика проведения испытания нефтепродукта;
- 5) результаты испытания и обработка полученных данных;
- 6) выводы.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Все нефтепродукты являются огнеопасными веществами, а отдельные из них взрывоопасны. Пары их ядовиты и могут поражать как органы дыхания, так и кожу.

Все студенты перед началом занятий в лаборатории должны обязательно изучить и усвоить правила техники безопасности и противопожарные меры.

С этой целью инструкцию по технике безопасности и противопожарным мероприятиям вывешивают в лаборатории на доступном для чтения месте.

Основные правила техники безопасности

Все лаборанты и студенты должны работать в лаборатории в халатах.

При работе с веществами, действующими на кожу (жидкими кислотами, щелочами, этилированным бензином и др.), необходимо пользоваться резиновыми перчатками.

В тех случаях, когда возможно разбрызгивание ядовитых жидкостей (при разбавлении кислот, растворении щелочей, приготовлении растворов и т.п.), необходимо обязательно надевать очки. В случаях попадания на кожу кислоты или щелочи необходимо немедленно это место обильно промыть водой.

Все образцы нефтепродуктов, подлежащие испытанию, должны находиться в лаборатории в исправной стеклянной или пластмассовой посуде с плотно закрывающимися пробками или кранами.

Во избежание ожога при работе с нагревательными приборами нельзя прикасаться или брать нагретые приборы и посуду голыми руками. Особенно внимательно надо относиться к нагретым нефтепродуктам (моторные и другие масла, глицерин и т.д.), так как температура их может быть более 200 °С, а по внешним признакам это трудно заметить.

К работе и занятиям допускаются только лица, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и ознакомленные с основами противопожарных мероприятий

Помещение лаборатории должно удовлетворять требованиям пожарной безопасности, в нем должны быть запасные выходы.

Лаборатория должна быть оснащена необходимым противопожарным инвентарем и средствами тушения: специальными огнетушителями, ящиками с сухим и чистым песком, одеялами, кошмой и т.д.

После выполнения работы необходимо убрать за собой рабочее место:

выключить электронагревательные приборы, закрыть краны воды и газа, потушить горелки и лампы, закрыть пробками емкости с остатками нефтепродуктов.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

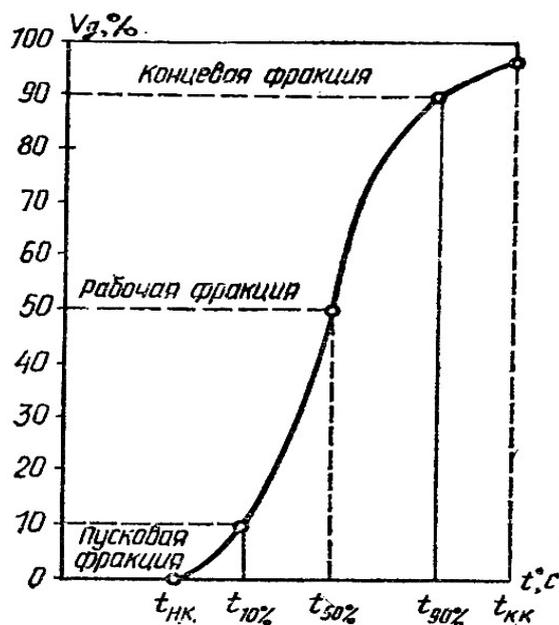
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА

Общие сведения. Бензины представляют собой смесь углеводородов, обладающих различной испаряемостью.

Испаряемость характеризует скорость и полноту перехода бензина из жидкого в парообразное состояние и определяется его химическим составом. Бензины как сложная смесь различных углеводородов выкипают не при одной постоянной температуре, а в широком диапазоне температур (30...205°C). Испаряемость бензина оценивается по температурным пределам его выкипания и по температурам выкипания его отдельных частей — фракций.

Фракционный состав является главным показателем испаряемости автомобильного бензина, важнейшей характеристикой его качества. От фракционного состава бензина зависят легкость пуска двигателя, время его прогрева, приемистость и другие эксплуатационные показатели.

На рис. 1 приведена кривая разгонки бензина и указаны его основные фракции — пусковая, рабочая и концевая. Пусковую фракцию бензина составляют



самые низкокипящие углеводороды (первые 10 % объема дистиллята). В рабочую фракцию входят дистилляты от 10 до 90 % объема и в концевую — от 90 % объема до конца кипения бензина. По ГОСТу фракционный состав бензина нормируют пятью характерными температурами: начала перегонки, перегонки 10 %, 50 % и 90 % объема и конца кипения.

Фракционный состав бензина должен быть таким, чтобы обеспечились хороший пуск двигателя и быстрый разгон автомобиля, низкий удельный расход топлива, равномерное качественное и количественное распределение горючей смеси по цилиндрам.

Рис. 1. Кривая разгонки бензина двигателя, минимальный износ поршней и цилиндров.

Температура начала перегонки и перегонки 10 % бензина характеризуют пусковые свойства топлива. Если в бензине недостаточно низкокипящих фрак-

ций, то при пуске холодного двигателя часть бензина не успевает испариться и попадает в цилиндры в жидком состоянии. Горючая смесь оказывается переобедненной, она не воспламеняется от электрической искры и пуск двигателя становится невозможен. Жидкий бензин в цилиндрах смывает смазку, а в картере двигателя разжижает моторное масло. Чем меньше испаряется бензина во впускной системе двигателя, продолжительнее пуск и хуже подача смазочного масла к трущимся деталям, тем значительнее пусковые износы.

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

В соответствии с действующими стандартами температура начала перегонки летних автомобильных бензинов должна быть не ниже 35 °С, а 10 % бензина должны перегоняться при температуре не выше 70 °С. Температура начала перегонки зимних бензинов не нормируется, а 10 % бензина должно перегоняться при температуре не выше 55 °С. Благодаря этому на летних бензинах обеспечивается пуск холодного двигателя при температуре окружающего воздуха выше –10 °С, в летний период не образуется паровых пробок. Применяя зимние бензины, можно пустить холодный двигатель при температуре воздуха —26...—28 °С. Появление паровых пробок при этих условиях практически исключено.

Температура перегонки 50% бензина, которая характеризует скорость прогрева и приемистость двигателя, нормируется для рабочей фракции (объем дистиллятов от 10 до 90%).

Прогрев двигателя длится от момента пуска до создания устойчивого режима работы. В конце прогрева на режиме холостого хода достигается почти полное испарение бензина во впускном трубопроводе. Чем легче фракционный состав и ниже температура перегонки 50 % бензина, тем скорее прогревается двигатель. Бензин с низкой температурой перегонки 50 % быстрее испаряется во впускном трубопроводе, наполнение цилиндра горючей смесью улучшается, мощность двигателя возрастает. При низкой температуре окружающего воздуха необходимо применять бензины с низкой температурой перегонки 50 % топлива.

Приемистость — это свойство двигателя в прогретом состоянии под нагрузкой быстро переходить с малой частоты вращения к большей при резком открытии дроссельной заслонки. Для обеспечения хорошей приемистости двигателя нужно, чтобы цилиндры двигателя в момент дросселирования наполнялись богатой горючей смесью. При резком открытии дроссельной заслонки во впускной трубопровод поступает большая порция холодного воздуха и жидкого бензина, что приводит к резкому ухудшению условий парообразования из-за недостатка теплоты для полного испарения топлива.

Если бензин обладает высокой температурой перегонки 50 % топлива, то некоторая часть высококипящих углеводородов, составляющих рабочую фракцию топлива, в системе питания не испаряется. В этом случае горючая смесь переобеднена и двигатель не развивает более высокой частоты вращения ко-

ленчатого вала и даже может остановиться.

Для восстановления теплового режима системы питания двигателя требуется некоторое время. Тепловое равновесие устанавливается тем быстрее, чем лучше идет процесс испарения и смесеобразования, чем больше в бензине низкокипящих углеводородов. Следовательно, приемистость двигателя во многом зависит от температуры перегонки 50 % бензина. С понижением этой температуры приемистость улучшается и время разгона автомобиля сокращается. Оптимальный разгон автомобиля наблюдается при такой испаряемости бензина, при которой создается горючая смесь из воздуха и паров топлива в соотношении 12: 1.

Если испаряемость бензина хуже, а значит, выше температура перегонки 50 % топлива, то образуется бедная смесь и время разгона автомобиля увеличивается.

Температура перегонки 50 % летнего бензина должна быть не более 115 °С, зимнего — не более 100°С. При таких температурах обеспечиваются быстрый прогрев и хорошая приемистость двигателя во время эксплуатации автомобиля.

Температуры перегонки 90 % и конца кипения бензина характеризует полноту его испарения. Если в бензине содержится много высококипящих углеводородов, то условия работы двигателя аналогичны условиям пуска холодного двигателя на бензине с низкой температурой начала перегонки. Высококипящие углеводороды не испаряются во впускном трубопроводе двигателя и попадают в цилиндры в виде жидкости. Некоторая часть ее испаряется и сгорает, а оставшаяся часть стекает по стенкам цилиндра и смывает с них смазочное масло.

При использовании бензинов с высокой температурой конца кипения повышаются износ двигателя, количество отложений на деталях двигателя и увеличивается расход топлива.

Температура перегонки 90 % топлива для летнего автомобильного бензина должна быть не выше 180 °С, зимнего — не выше 160 °С. Конец кипения летнего бензина должен быть не выше 195 °С, зимнего — не выше 185°С.

Проведение испытаний. На рис. 2 показан аппарат для разгонки нефтепродуктов. Сущность метода определения фракционного состава заключается в перегонке 100 см³ испытуемого бензина на этом аппарате при условиях, предусмотренных стандартом.

Пробу бензина осторожно при минимальном перемешивании наливают в колбу. Колбу предварительно охлаждают до 13... 18 °С. Для этого ее закрывают пробкой и устанавливают в баню со льдом, где выдерживают при температуре не выше 15 °С.

Баню 5 заполняют так, чтобы трубка 3 холодильника была покрыта жидкостью. Температуру пробы бензина доводят до 13...18 °С. Мерным цилиндром 7 отмеряют 100 см³ испытуемого бензина и сливают его в колбу 1, следя за тем, чтобы бензин не попал в пароотводную трубку колбы. В горловину колбы вставляют пробку с термометром. Ось термометра должна совпадать с горло-

виной колбы, нижний конец капилляра — с самой высокой точкой нижней внутренней стенки пароотводной трубки. Колбу с пробой бензина помещают на подставку, трубку 3 холодильника соединяют при помощи пробки с пароотводной трубкой колбы. Пароотводная трубка колбы должна входить в трубку холодильника на 25... 50 мм и не касаться ее стенок.

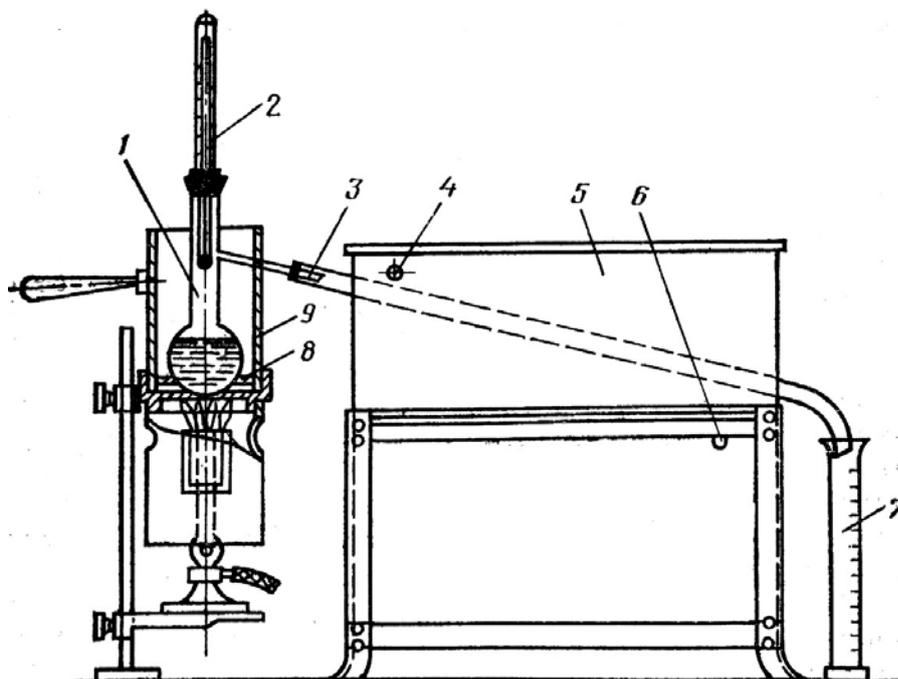


Рис. 2. Аппарат для разгонки нефтепродуктов: 1— колба; 2 —термометр; 3 — трубка холодильника; 4 и 6 — патрубki для ввода и вывода воды; 5 - баня холодильника; 7 - мерный цилиндр; 8 - асбестовая прокладка; 9 — кожух

Колбу располагают строго вертикально на асбестовой прокладке 8 нижней половины кожуха 9. Затем закрывают колбу верхней частью кожуха. Мерный цилиндр 7, не высушивая, устанавливают под нижний конец трубки холодильника. Трубка должна входить в цилиндр не менее чем на 25 мм, но не ниже отметки 100 см³. При перегонке бензина мерный цилиндр помещают в стеклянный сосуд с водой (баню). На цилиндр устанавливают подковообразный груз для того, чтобы он не всплывал. Уровень воды в бане для цилиндра поддерживают до отметки 100 см³. Отверстие мерного цилиндра закрывают фильтровальной бумагой или ватой. В бане холодильника поддерживают температуру 0...1°С.

Колбу нагревают до кипения газовой горелкой или регулируемым электрическим нагревателем. Пары кипящего бензина поступают в холодильник и там конденсируются. Колбу необходимо подогреть, чтобы время от начала обогрева до падения первой капли дистиллята в цилиндр было 5...10 мин. Температура падения первой капли считается температурой начала кипения бензина. Отмечают эту температуру и устанавливают цилиндр 7 так, чтобы конденсат стекал по стенке. Далее интенсивность нагревания поддерживают такой, чтобы скорость перегонки до получения 95 см³ отгона была 4...5 см³/мин, что пример-

но соответствует 20...25 каплям бензина в 10 с. При этом отмечают температуры через каждые 10 см³ собранного в цилиндр бензина. Время от образования 95 см³ отгона до конца кипения должно составлять 3...5 мин.

Конец кипения бензина отмечают в тот момент, когда ртутный столбик термометра остановится на некоторой отметке, а затем начнет опускаться. Последний объем бензина в цилиндре фиксируют по истечении 5 мин после прекращения нагревания, когда весь бензин стек из холодильника. Остаток из колбы сливают в цилиндр вместимостью 10 мл, после охлаждения до 20 °С записывают его объем. Разность между 100 мл и суммой объемов дистиллята и остатка дает потери при перегонке.

Обработка результатов. Если при проведении испытаний барометрическое давление выше или ниже 101,3 КПа (760 мм рт. ст.), то вводят поправку на барометрическое давление к каждому показанию термометра. Поправку C (°С) находят по формуле

$$C = 0,00009(101,3 \cdot 10^3 - p) \cdot (273 + t_0), \quad (3.1)$$

или $C = 0,00012(760 - p_1) \cdot (273 + t_0),$

где p и p_1 — барометрическое давление во время испытания, Па и мм рт. ст.; t_0 — показания термометра, °С.

Скорректированную таким образом температуру округляют до 0,5 °С.

Результаты перегонки бензина представляют в виде графика, называемого кривой разгонки.

Определение фракционного состава также проводится на автомате ЛАФС. К недостаткам определения фракционного состава на аппарате для разгонки нефтепродуктов относятся трудности регулировки и регистрации температуры, а также наблюдения за объемом топлива. Эти недостатки устраняются при определении фракционного состава на установке ЛАФС.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ БЕНЗИНА

Общие сведения. При применении бензины соприкасаются с различными металлами и сплавами и вызывают их коррозионное разрушение. Коррозии подвергаются резервуары, трубопроводы, топливные баки, детали карбюратора и т. п. Коррозионные свойства бензинов обусловлены содержащимися в них органическими кислотами, водорастворимыми кислотами и щелочами, сернистыми соединениями.

Органические кислоты в небольшом количестве содержатся в автомобильных бензинах. Они создаются в процессе окисления кислородом воздуха нестабильных углеводородов бензина при транспортировке и хранении. Наибольшей коррозионной активностью обладают нафтеновые кислоты, которые особенно сильно разрушают цветные металлы — свинец и цинк. Органиче-

ские кислоты, взаимодействуя с металлами, образуют в бензине мыла, которые выпадают в виде хлопьев и засоряют систему питания двигателя.

Сернистые соединения бензинов могут быть условно разделены на активные и неактивные. К активным относятся элементарная сера, сероводород и меркаптаны, к неактивным — сульфиды, дисульфиды и т. д. Активные сернистые соединения корродируют металл даже при низких температурах; их присутствие в бензинах недопустимо. Неактивные сернистые соединения не корродируют металл, но при сгорании образуют коррозионно-агрессивные оксиды серы SO_2 и SO_3 . При пуске непрогретого двигателя и относительно низкой температуре продуктов сгорания возможна конденсация водяных паров, образующихся в результате сгорания водорода топлива. Оксиды серы растворяются в этой воде и образуют серную и сернистую кислоту. Под действием этих кислот происходит низкотемпературная электрохимическая коррозия цилиндропоршневой группы двигателя. Если температура продуктов сгорания достаточно высока и водяные пары не конденсируются, происходит высокотемпературная сухая газовая химическая коррозия.

Массовая доля серы в автомобильных бензинах для разных марок бензинов колеблется от 0,05 до 0,12 %. Износы двигателя возрастают с повышением содержания серы в бензине. В результате сернистой коррозии деталей ухудшаются его мощностные и экономические показатели.

Водорастворимые кислоты и щелочи могут попасть в бензин при использовании загрязненной тары или остаться в нем после очистки серной кислотой или щелочью на нефтеперерабатывающем заводе. Водорастворимые кислоты корродируют все металлы, а щелочи — алюминий, поэтому их присутствие в бензинах не допускается.

Проведение испытаний. Для выяснения коррозионных свойств бензина определяют кислотность и присутствие водорастворимых кислот и щелочей, проводят испытание на медной пластинке.

Определение кислотности. Кислотность бензина выражается в миллиграммах гидроксида калия (KOH), необходимого для нейтрализации органических кислот, находящихся в 100 мл топлива. По действующим ГОСТам на автомобильные бензины этот показатель находится в пределах от 0,8 до 3 мг KOH на 100 мл топлива.

Метод заключается в извлечении из бензина кислых соединений 85-процентным раствором этилового спирта при нагревании и последующем титровании их 0,05-процентным спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии индикатора.

При испытании в коническую колбу вместимостью 250 мл наливают 50 мл бензина. В другую коническую колбу такой же вместимости наливают 50 мл 85-процентного этилового спирта, закрывают пробкой с обратным водяным или воздушным холодильником и кипятят в течение 5 мин. В колбу с прокипяченным спиртом добавляют 8... 10 капель индикатора нитрозинового желтого. Затем горячий спирт нейтрализуют при непрерывном помешивании 0,05-процентным спиртовым раствором гидроксида калия до первого перехода жел-

той окраски в зеленую. Далее в колбу с горячим спиртом приливают испытуемый бензин и кипятят содержимое колбы с обратным холодильником в течение 5 мин при периодическом перемешивании (2...3 раза).

Горячую смесь титруют 0,05-процентным спиртовым раствором гидроксида калия при непрерывном интенсивном перемешивании до перехода желтой (желтой с оттенками) окраски смеси в зеленую (зеленую с оттенками). Окраска должна быть устойчивой в течение 30 с. Если горячая смесь будет сразу зеленой или зеленой с оттенками окраски, то ее не титруют, так как в этом случае органические кислоты в испытуемом бензине отсутствуют.

Кислотность K испытуемого бензина (мг КОН на 100 мл) находят по формуле

$$K = \frac{V_2 \cdot T \cdot 100}{50}, \quad (3.2)$$

где V_2 — объем 0,05-процентного раствора гидроксида калия, затраченного на титрование, мл; T — титр 0,05-процентного раствора гидроксида калия, мг/мл; 50 — объем испытуемого бензина, мл.

За результат испытания берут среднее арифметическое двух параллельных определений.

Испытания на медной пластинке. Испытание воздействия бензина на медную пластинку при повышенной температуре служит качественной пробой на присутствие активных сернистых соединений. Даже при незначительной концентрации элементарной серы в бензине медная пластинка, помещенная в него на 3 ч при 100 °С, покрывается бледно-серыми пятнами, а при большом содержании серы за то же время при нагреве до 50 °С — черным налетом. В присутствии сероводорода медная пластинка приобретает серый цвет с красными разводами. Менее чувствительна медная пластинка к воздействию меркаптанов.

Для испытания применяют пластинки из электролитной меди размером 40 x 10 x 2 мм. Пластинки тщательно шлифуют, промывают спиртом и эфиром и высушивают на фильтрованной бумаге. Испытуемый бензин наливают в пробирку высотой 150 мм и диаметром 15...20 мм примерно до половины ее высоты и опускают в него щипцами медную пластинку. Пробирку закрывают корковой пробкой и погружают в водяную баню. Температура воды в бане должна быть 50 °С, а уровень воды — выше уровня бензина в пробирках. Пробирки выдерживают в бане в течение 3 ч, затем медные пластинки вынимают и промывают в фарфоровой чашке ацетоном или спиртобензольной смесью. Для каждого образца бензина проводят два параллельных испытания.

Если медная пластинка покрыта черным, темно-коричневым, серовато-стальным налетом или пятнами, то считается, что бензин не выдержал испытания на медной пластинке.

Определение присутствия водорастворимых кислот и щелочей. Метод заключается в извлечении водорастворимых кислот и щелочей из бензина водой или водными растворами спирта и определения их присутствия с помощью индикаторов.

В делительную воронку наливают 50 мл испытуемого бензина и 50 мл дистиллированной воды, нагретой до 50...60 °С. В течение 5 мин перемешивают содержимое воронки. Минеральные кислоты и щелочи, присутствующие в бензине, растворяются в воде. Затем дают отстояться нижнему водному слою и в две пробирки наливают по 1...2 мл отстоявшейся вытяжки.

В одну из пробирок с вытяжкой добавляют две капли раствора метилового оранжевого и сравнивают ее цвет с цветом такого же объема дистиллированной воды, в которую добавляют две капли того же индикатора. Если вытяжка окрашивается в розовый цвет, то в испытуемом бензине присутствуют водорастворимые кислоты.

Во вторую пробирку с вытяжкой добавляют три капли раствора фенолфталеина. При наличии водорастворимых щелочей вытяжка окрашивается в розовый или красный цвет. Если вытяжки от метилового оранжевого или фенолфталеина не окрашиваются в розовый или красный цвет, то бензин не содержит водорастворимых кислот и щелочей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА АВТОМОБИЛЬНОГО** **БЕНЗИНА**

Общие сведения. Скорость распространения пламени при нормальном сгорании топлива составляет примерно 25...35 м/с. Иногда при определенных условиях сгорание может перейти во взрывное, детонационное, при котором пламя распространяется со скоростью 1500...2500 м/с. При этом образуются детонационные волны, которые многократно отражаются со стенок цилиндра.

При детонации появляются резкие звонкие металлические стуки в двигателе, тряска двигателя, периодически наблюдаются черный дым или искры в выпускных газах. В результате перегрева повышено изнашиваются детали, появляются трещины, выгорают поршни и клапаны.

Детонационное сгорание бензина связано с образованием и распадом первичных продуктов окисления углеводородов — перекисных соединений, которые представляют собой очень непрочные, легко разлагающиеся вещества, обладающие большой избыточной энергией. Чем выше температура, тем быстрее скорость окисления углеводородов.

В бензиновых двигателях при такте сжатия свежая горючая смесь смешивается с остаточными газами. По мере уменьшения ее объема давление и температура повышаются: в конце сжатия давление составляет 1... 1,7 МПа, температура — 330...340 °С. При этих условиях скорость окисления углеводородов повышается, особенно она возрастает после воспламенения рабочей смеси. В процессе ее сгорания температура и давление в несгоревшей части рабочей смеси значительно увеличиваются, что способствует образованию большого количества перекисных соединений.

Однако если в состав бензина входят углеводороды, не образующие в

этих условиях большого количества перекисей, то их концентрация не достигает критических значений и сгорание заканчивается нормально.

Если двигатель работает на бензине, при окислении которого в последних порциях рабочей смеси образуется много перекисей, то их концентрация достигает критического значения и происходит взрывной распад. Сгорание рабочей смеси идет с большой скоростью и резким повышением давления, возникает ударная волна, перемещающаяся по камере со сверхзвуковой скоростью. Ударная волна стимулирует воспламенение соседних слоев рабочей смеси, скорость сгорания смеси становится равной скорости распространения ударной волны и составляет 1500...2500 м/с.

На детонацию топлива в двигателе влияют следующие факторы:

- чем выше степень сжатия, тем значительнее детонация;
- с уменьшением угла опережения зажигания снижается детонация, так как время на развитие процесса меньше;
- с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя снижается детонация из-за уменьшения времени на процесс сгорания и образование нестойких продуктов окисления;
- максимальная детонация наблюдается на смеси близкой по составу к стехиометрической, коэффициент избытка воздуха для этой смеси равен единице;
- камера должна быть компактной формы, исключая образование мест перегрева;
- накипь в рубашке охлаждения, обладая низкой теплопроводностью, обуславливает повышение температуры цилиндропоршневой группы и рабочей смеси, что приводит к увеличению детонации;
- повышение влажности окружающего воздуха приводит к снижению детонации;
- отложения на днище поршня увеличивают степень сжатия двигателя и склонность топлива к детонации;
- образование нагара в зоне поршневых колец повышает температуру поршня и детонацию;
- алюминиевые головки цилиндров лучше отводят теплоту, чем чугунные, поэтому температура рабочей смеси и детонация снижаются.

Проведение испытаний. Октановые числа (ОЧ) определяют двумя методами: моторным и исследовательским. Оба метода заключаются в сравнении детонационной стойкости испытуемого и эталонного топлива. Так определяют детонационную стойкость автомобильных бензинов и их компонентов с октановыми числами до 110 единиц.

Интенсивность детонации испытуемого бензина регулируют изменением степени сжатия одноцилиндровой установки.

Значение октанового числа обозначают условными индексами: М — для моторного метода и И — для исследовательского, например 76/М или 93/И.

Эталонным топливом служат изооктан, нормальный гептан и изооктан с

различным содержанием тетраэтил-свинца. Детонационную стойкость изооктана принимают равной 100 единиц, нормального гептана — 0. При добавлении в изооктан тетраэтилсвинца получают эталонные смеси с октановыми числами до 110 единиц.

Октановое число, равное 100 и ниже, обозначает объемную долю изооктана в смеси с нормальным гептаном, которая по интенсивности детонации равноценна испытываемому топливу при сравнении их в условиях испытания.

Октановое число выше 100 указывает на то, что в изооктан нужно добавить определенное количество тетраэтилсвинца, чтобы полученная смесь по интенсивности детонации была равноценна испытываемому топливу.

Моторный метод определения октанового числа. В этом случае применяют одноцилиндровую установку типа УИТ-65 или аналогичную с переменной степенью сжатия. Интенсивность детонации замеряют и регистрируют детонометром ДП-60 или ДП-77 с магнитострикционным датчиком.

Контрольным топливом служат смеси толуола, изооктана и нормального гептана. Из изооктана и нормального гептана готовят эталонные промежуточные смеси, из которых при добавлении эталонного изооктана получают смеси с октановым числом от 40 до 100. Эталонные и контрольные смеси составляют по объему и хранят в герметичной таре в прохладном месте.

Перед испытанием, согласно инструкции, регулируют и настраивают электронный детонометр на стандартную интенсивность детонации, проверяют установку по контрольному топливу.

При определении октановых чисел по моторному методу соблюдают определенные условия, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Режим работы двигателя при определении ОЧ по моторному методу

Наименование показателя	Норма
Частота вращения коленчатого вала двигателя, с ⁻¹ (мин ⁻¹)	15±0,15 (900)
Давление масла, Па (кгс/см ²)	(1,96±0,3105)×10 ⁵ (1,96±0,3)
Температура, °С: масла	60±10
охлаждающей жидкости	100±2
поступающего в ДВС воздуха	50±5
Абсолютная влажность поступающего в двигатель воздуха, г воды на 1 кг сухого воздуха	От 3,5 до 7

Пускают двигатель, регулируют состав топливовоздушной смеси на максимальную интенсивность детонации и степень сжатия для получения стандартной интенсивности детонации на испытываемом топливе, сравнивают испытываемое топливо с эталонными смесями.

Перед пуском двигателя проверяют наличие охлаждающей жидкости в

системе охлаждения, зазоры в клапанах, прерывателе и искровой свече зажигания. Подогревают картерное масло до 50...60 °С и включают детонометр. Подают воду в змеевик конденсатора и выхлопной ресивер. Заправляют бачок карбюратора топливом и устанавливают степень сжатия, обеспечивающую отсутствие детонации. Включают электродвигатель, зажигание, подогреватели воздуха и топливовоздушной смеси и подачу топлива из бачка карбюратора. Пускают двигатель, прогревают его в течение 20...25 мин и затем устанавливают стандартный режим испытания.

При установившемся рабочем режиме на испытуемом бензине регулируют состав топливовоздушной смеси на максимальную интенсивность детонации. Устанавливают степень сжатия такой, чтобы интенсивность детонации была ниже стандартной (примерно 40...451 делений по указателю детонации). Записывают уровень топлива по мерному стеклу. Затем обогащают смесь, повышая уровень топлива через интервалы в одно деление, и для каждого положения уровня регистрируют интенсивность детонации. Так продолжают до тех пор, пока показания указателя детонации не упадут на три, четыре деления по сравнению с наибольшим значением. Далее устанавливают уровень топлива по мерному стеклу карбюратора в положение, которое соответствует максимальному показанию указателя детонации. Затем снижают уровень топлива через интервал в одно деление до тех пор, пока показания указателя детонации не уменьшатся на три-четыре деления от максимального значения. Уровень топлива устанавливают на делении, при котором была наибольшая детонация, или между делениями, при которых наблюдалась детонация одинаковой степени. Найденное таким образом положение уровня топлива соответствует регулировке состава смеси на максимальную интенсивность детонации.

При работе на испытуемом бензине после регулировки состава топливовоздушной смеси на максимальную интенсивность детонации изменением степени сжатия доводят показания указателя детонации до 55 делений. Полученную степень сжатия не изменяют в течение всего последующего испытания.

Сравнение испытуемого бензина с эталонными смесями состоит в подборе двух смесей, различающихся не более чем на две октановые единицы, причем одна из них должна детонировать сильнее, а другая слабее, чем образец испытуемого бензина. Ориентировочно оценивают детонационную стойкость испытуемого бензина по показаниям индикатора степени сжатия.

Второй бачок карбюратора заполняют эталонной смесью с октановым числом, близким к предполагаемому октановому числу испытуемого бензина, и переводят двигатель на работу на этой смеси. Далее регулируют состав топливовоздушной смеси на максимальную интенсивность детонации и выясняют, детонирует ли эта смесь сильнее или слабее, чем испытуемый бензин. С учетом полученных результатов в третий бачок карбюратора заливают эталонную смесь с большим или меньшим октановым числом. Затем переключают кран карбюратора на этот бачок, регулируют состав топливовоздушной смеси на максимальную интенсивность детонации и фиксируют показания указателя детонации.

Если показания указателя детонации при работе на испытуемом бензине

находятся между показаниями эталонных смесей, вычисляют приблизительное значение октанового числа испытуемого бензина по полученным показаниям указателя детонации.

Последовательно применяя три бачка карбюратора, отрегулированные на максимальную степень детонации, повторно регистрируют аналогичную серию показаний.

Число показаний указателя детонации должно быть следующим: два на испытуемом бензине и два на каждом эталонном топливе, если разность оценок, найденных из первой и второй серий показаний, не превышает 0,3 октановой единицы и среднее показание указателя; детонации испытуемого бензина составляет (55 ± 3) деления; три на испытуемом бензине и три на каждом эталонном топливе, если разность оценок соответственно не превышает 0,5 октановой единицы, а оценка, полученная из третьей серии показаний, находится между оценками первой и второй серий и среднее арифметическое значение показаний испытуемого бензина находится в пределах (55 ± 3) деления.

Определение октановых чисел исследовательским методом. При определении октановых чисел по исследовательскому методу применяют ту же одноцилиндровую установку, что и при моторном методе. Однако режим исследовательского метода более «мягкий» по сравнению с моторным методом (см. табл. 2), в связи с этим октановое число одних и тех же бензинов получается на четыре — девять единиц выше.

Таблица 2

Режим работы двигателя при определении ОЧ по исследовательскому методу

Наименование показателя	Норма
Частота вращения коленчатого вала двигателя, $\text{с}^{-1}(\text{мин}^{-1})$	$10 \pm 0,1 (600 \pm 6)$
Давление масла, Па ($\text{кгс}/\text{см}^2$)	$(1,96 \pm 0,3) \times 10^5$ $(1,96 \pm 0,3)$
Температура, °С: масла	60 ± 10
охлаждающей жидкости	100 ± 2
поступающего в ДВС воздуха	52 ± 1
Абсолютная влажность поступающего в двигатель воздуха, г воды на 1 кг сухого воздуха	От 3,5 до 7

Определение октановых чисел по исследовательскому методу проводят в той же последовательности и по аналогичной методике, что и при определении октановых чисел по моторному методу.

Обработка результатов. Определяют среднее арифметическое значение показаний указателя детонации на испытуемом бензине и двух эталонных смесях. Октановое число А испытуемого бензина находят методом интерполяции по формуле:

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2}, \quad (3.3)$$

где A_1 и A_2 - процентное (по объему) содержание изооктана в эталонной смеси, детонирующей сильнее и слабее испытуемого бензина, % по объему; a - среднее арифметическое отсчетов по указателю детонации для испытуемого топлива; a_1 и a_2 - среднее арифметическое результатов из отсчетов по указателю детонации для смесей A_1 и A_2 .

Октановое число, определенное с погрешностью до второго десятичного знака, округляют до первого десятичного знака.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Общие сведения. Одна из важных эксплуатационных характеристик дизельного топлива — его низкотемпературные свойства, характеризующие подвижность топлива при отрицательной температуре. В дизельном топливе содержатся растворенные парафиновые углеводороды, которые при понижении температуры кристаллизуются. Низкотемпературные свойства оцениваются температурами помутнения и застывания.

Температура помутнения — это температура при которой меняется фазовый состав топлива, так как наряду с жидкой фазой появляется твердая. При этой температуре топливо в условиях испытания начинает мутнеть.

Температура застывания — это температура, при которой топливо полностью теряет подвижность.

При помутнении дизельное топливо не теряет текучести. Размеры кристаллов таковы, что они проходят через элементы фильтров тонкой очистки, образуя на них тонкую парафиновую пленку.

Нарушение подачи топлива из-за его помутнения возможно при пуске и прогреве дизеля. Для обеспечения нормальной эксплуатации двигателя необходимо, чтобы температура помутнения дизельного топлива была ниже температуры окружающего воздуха.

Температура застывания ниже температуры помутнения на 5...10 °С. При понижении температуры растущие кристаллы парафиновых углеводородов образуют пространственную решетку, внутри ячеек которой находятся жидкие углеводороды топлива. При температуре застывания топлива кристаллическая структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть и приобретает студнеобразный вид.

Для обеспечения нормальной работы дизельного двигателя необходимо, чтобы температура застывания топлива была на 8...12 °С ниже температуры окружающего воздуха.

Проведение испытаний. Температуры застывания и помутнения определяют с помощью специальных приборов.

Определение температуры застывания. Прибор для определения температуры застывания показан на рис. 3. Испытуемое топливо заливают в пробирку 2 и помещают в стеклянную пробирку-муфту 1. Сверху пробирку-муфту закрывают пробкой 3. Прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью. При проведении опыта дизельное топливо перемешивают мешалкой 5, температуру измеряют термометром 4.

Применяют следующие охлаждающие смеси. Для получения температур от 0 до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сосуд засыпают попеременно слой поваренной соли и слой снега. На одну часть соли берут две части снега или льда.

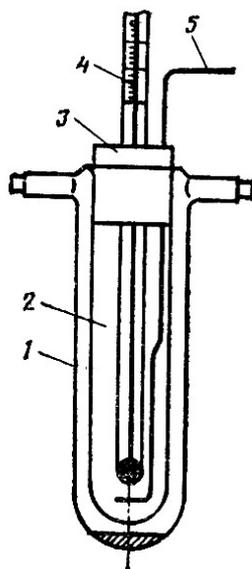


Рис. 3. Прибор для определения температуры застывания дизельного топлива:
1 – пробирка-муфта; 2 – пробирка; 3 – пробка; 4 – термометр; 5 – мешалка

Для получения температур ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сосуд со слоем изоляции или термос наливают этиловый спирт на $2/3$ его высоты. Затем вносят в спирт мелкими порциями деревянной или фарфоровой ложкой твердый диоксид углерода, наблюдая за тем, чтобы спирт не разбрызгивался. При необходимости после газовыделения доливают в сосуд спирт.

Перед определением испытуемое дизельное топливо обезвоживают, для чего взбалтывают его в течение 10...15 мин со свежeproкаленным и измельченным сульфатом натрия или с зернистым хлористым кальцием. Затем топливо отстаивают и фильтруют. Обезвоженное дизельное топливо наливают в пробирку, закрывают пробкой, в которую вставлен термометр. Шарик термометра должен находиться несколько выше дна пробирки. Пробирку вставляют в пробирку-муфту, в которую предварительно заливают 1 мл серной кислоты для поглощения влаги из воздуха и предупреждения появления на стенках пробирки-муфты капелек воды при охлаждении.

Собранный прибор опускают в охлаждающую смесь и устанавливают в строго вертикальном положении. Затем начиная с температуры, которая на $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше предполагаемой температуры застывания дизельного топлива, через каждые $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ вынимают пробирку из пробирки-муфты и наблюдают за подвижно-

стью дизельного топлива при наклоне. Извлекать пробирку из муфты и устанавливать ее обратно надо не более чем за 3 с. Когда при наклоне пробирки дизельное топливо остается неподвижным, пробирку устанавливают в горизонтальное положение и наблюдают за поверхностью топлива. Если в течение 5 с будет обнаружено смещение поверхности топлива, снова устанавливают пробирку в пробирку-муфту и проверяют текучесть топлива после охлаждения еще на 3 °С.

За температуру застывания испытуемого дизельного топлива принимают температуру, при которой топливо в горизонтально расположенной пробирке остается неподвижным в течение 5 с.

Определение температуры помутнения. Это испытание проводят в стеклянной пробирке с двойными стенками, внутренний диаметр которой 25..33 мм, наружный — 35...43 мм. На внутренней стенке на высоте 40 мм от дна сделана метка 2 (рис. 4, а). Если боковые отростки пробирки не запаяны, то в ее наружную часть для предупреждения появления росы на стенках наливают 0,5...1 см³ серной кислоты. Пробирку закрывают корковой пробкой, в которой укреплен термометр 3 и через которую проходит мешалка 1. Мешалки могут быть ручными или механическими, из стекла или металла. Пробирка с испытуемым дизельным топливом охлаждается в цилиндрическом сосуде со смесью из спирта и твердого диоксида углерода. Сосуд снабжен тепловой изоляцией, в его крышке находятся отверстия для пробирки, термометра и подачи твердого диоксида.

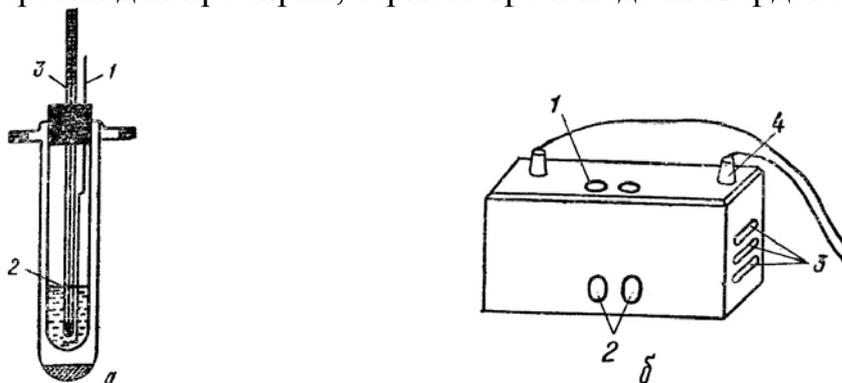


Рис. 4. Прибор для определения температуры помутнения: а — пробирка:

1 — мешалка; 2 — метка; 3 — термометр; б — общий вид прибора:

1 — отверстия для пробирок; 2 — смотровые окна; 3 — щели для вентиляции; 4 — лампы

Помутнение дизельного топлива наблюдают в приборе с зеркальным отражением света. Прибор выполнен в виде металлического ящика, разделенного перегородкой на две одинаковые части. Каждая часть разделена по всей высоте перегородкой на два неравных отсека. Внизу перегородки находится щель для прохождения отраженного света. В крышку ящика вмонтированы электролампы 4 (рис. 4,б), при закрытой крышке они располагаются в крайних отсеках. В крышке выполнены отверстия 1 для пробирок. На передней стенке ящика находятся два окна 2 для наблюдения за испытуемым топливом. Боковые и задние стенки ящика снабжены вентиляционными щелями 3. Свет через щели с мато-

выми стеклами падает на пробирки с испытуемым дизельным топливом. В освещенной пробирке хорошо видно появление мути.

Испытуемое топливо профильтровывают. Если в топливе есть вода, его обезвоживают. Для этого топливо взбалтывают в течение 10... 15 мин со свежeproкаленным и измельченным сульфатом натрия или с хлористым кальцием, дают отстояться и фильтруют.

Используют две пробирки с двойными стенками. Одна из пробирок предназначена для испытания дизельного топлива в охлаждающей смеси. В нее заливают до метки испытуемое топливо, температура которого должна быть 18...20°C. Во вторую пробирку также наливают испытуемое топливо до метки и вставляют в прибор с зеркальным отражением в качестве прозрачного эталона.

Пробирки закрывают корковыми пробками с термометром и мешалкой. Шарик термометра должен находиться в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и на одинаковом расстоянии от стенок. Затем пробирку с испытуемым дизельным топливом и термометром подогревают в водяной бане до температуры 50 °C. В сосуд для охлаждающей смеси помещают термометр и наливают спирт. Уровень спирта должен быть на 30...40 мм выше уровня топлива в пробирке. Затем в спирт начинают постепенно добавлять твердую угольную кислоту. Температура спирта должна быть ниже предполагаемой температуры помутнения на 10 °C.

Температуру пробирки с испытуемым топливом снижают до 30...40 °C и устанавливают пробирку в сосуд с охлаждающей смесью.

При охлаждении топливо перемешивают мешалкой со скоростью от 60 до 200 движений в минуту. За 5 °C до предполагаемой температуры помутнения топлива пробирку вынимают из охлаждающей смеси, протирают её снаружи спиртом, помещают в прибор с зеркальным отражением света и включают лампы. Через смотровые окна следят за состоянием топлива и сравнивают его с прозрачным эталоном. Эта операция должна занимать не более 12 с. После каждого наблюдения необходимо выключать лампы.

При хорошем освещении лаборатории пробирку с испытуемым топливом помещают в штатив рядом с прозрачным эталоном, а прибор с зеркальным отражением не используют.

Если прозрачность испытуемого дизельного топлива по сравнению с эталоном не изменилась, то пробирку опять помещают в баню и далее наблюдения проводят через каждый 1 °C до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона. Температуру помутнения испытуемого дизельного топлива фиксируют в тот момент, когда топливо становится мутным.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТА

Общие сведения. Свойство жидкости оказывать сопротивление течению (перемещению одного слоя жидкости относительно другого) под действием внешней силы называется вязкостью (внутренним трением). Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы молекулярного сцепления.

Вязкость определяют для жидких нефтепродуктов, напряжение сдвига которых пропорционально скорости деформации, то есть для ньютоновских жидкостей. Вязкость их не зависит от касательного напряжения и градиента скорости. Различают динамическую и кинематическую вязкости.

Динамическая вязкость, или коэффициент динамической вязкости, — это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости. Динамическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению.

За единицу динамической вязкости в системе СИ принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление в 1 Н взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1 м^2 , находящихся один от другого на расстоянии 1 м и перемещающихся с относительной скоростью 1 м/с.

Единицей динамической вязкости в системе СИ является Паскаль-секунда (Па·с). На практике применяют $\text{мПа}\cdot\text{с} = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, а также сантипуаз ($\text{сП} = \text{мПа}\cdot\text{с}$).

Динамическую вязкость η находят как произведение кинематической вязкости жидкости ν и ее плотности ρ при той же температуре:

$$\eta = \nu \cdot \rho . \quad (3.4)$$

Кинематическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению под влиянием гравитационных сил.

Метод определения кинематической вязкости заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести.

Кинематическую вязкость находят как произведение измеренного времени истечения и постоянной прибора для определения вязкости.

В системе СИ единицей кинематической вязкости является $\text{м}^2/\text{с}$. На практике применяется меньшая единица — $\text{мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а также сантистокс ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

Аппаратура. Для определения кинематической вязкости нефтепродуктов применяются капиллярные вискозиметры из стекла с малым коэффициентом температурного расширения (табл. 3).

Вискозиметры, применяемые для различных диапазонов вязкости

Тип вискозиметра	Диапазон вязкости мм ² /с
Вискозиметры типа Оствальда для прозрачных жидкостей:	
Канон-Фенске	0,5...20 000
Пинкевича (ВПЖТ-4)	0,6... 10000
ВПЖТ-2	0,6... 17000
Вискозиметры с висячим уровнем для прозрачных жидкостей:	
ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ)	0,6...30 000 (3,5... 100 000)
Уббелоде	0,3... 100 000
Вискозиметры с обратным протоком для прозрачных и непрозрачных жидкостей:	
ВНЖТ (Канон-Фенске-Опакв)	0,6...20 000 (0,4...20 000)
БС/ИП/РФ	0,6...300 000

Для вискозиметров типа Оствальда и с висячим уровнем время истечения должно быть не менее 200 с, а для вискозиметров с обратным протоком — более 200 с.

В качестве термостата или бани вискозиметра используют прозрачный сосуд (рис. 5). Нефтепродукт, находящийся в вискозиметре, погружают не менее чем на 20 мм ниже уровня жидкости в бане и на 20 мм над дном сосуда. Баню вискозиметра снабжают устройством для регулирования температуры жидкости.

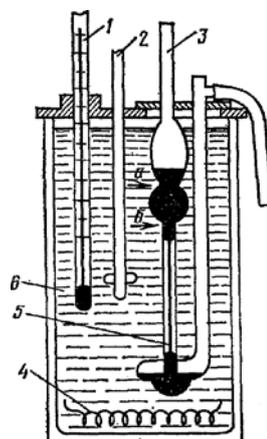


Рис. 5. Прибор для определения кинематической вязкости нефтепродукта:
1 — термометр; 2 — мешалка; 3 — вискозиметр; 4 — электроподогреватель;
5 — капилляр вискозиметра; 6 — термостат (баня)

Для заполнения термостата используют следующие жидкости: технический этиловый спирт — для температуры от — 60 до +15 °С; дистиллирован-

ную воду — для температуры от 15 до 60°C; глицерин или раствор глицерина с водой 1:1 или светлое нефтяное масло — для температуры свыше 60 °С.

Проведение испытаний. Перед проведением испытания подбирают вискозиметр с пределами измерения, соответствующими ожидаемой вязкости испытуемого нефтепродукта. Вискозиметр должен быть сухим и чистым. Между определениями вискозиметр промывают растворителем и сушат воздухом. В качестве растворителей применяют бензин-растворитель для резиновой промышленности, нейтральный эфир, ацетон, толуол и т. п. Периодически вискозиметр промывают хромовой смесью, затем прополаскивают дистиллированной водой, ацетоном и сушат воздухом.

Пробу нефтепродукта фильтруют через сито, стеклянный или бумажный фильтр. При необходимости нефтепродукт сушат безводным сульфонатом натрия или прокаленной крупнокристаллической поваренной солью и затем фильтруют через бумажный фильтр. Если вязкость нефтепродукта определяют при температуре ниже 95°C, то его предварительно подогревают. Вискозиметр заполняют испытуемым нефтепродуктом и помещают в баню, где устанавливают нужную температуру.

Работа с вискозиметрами различных типов (см. рис. 6) производится следующим образом.

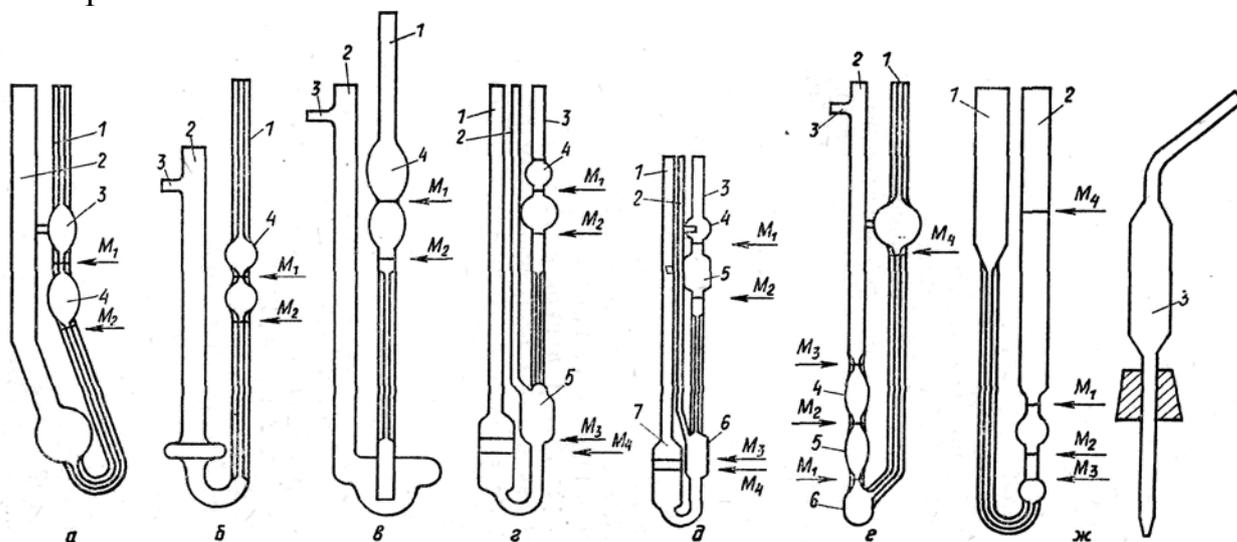


Рис. 6. Вискозиметры: а — вискозиметр Канон-Фенске: 1 и 2 — трубки; 3 и 4 — расширение; M_1 и M_2 — метки; б — вискозиметр Пинкевича (ВПЖТ-4): 1 и 2 — колена; 3 — трубка; M_1 и M_2 — метки; в — вискозиметр ВПЖГ-2: 1 и 2 — колена; 3 — трубка; 4 — расширение; M_1 и M_2 — метки; г — вискозиметр ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ): 1, 2 и 3 — трубки; 4 и 5 — расширения; $M_1 \dots M_4$ — метки; д — вискозиметр Уббелоде: 1, 2 и 3 — трубки; 4 — расширение; 5, 6 и 7 — сосуды; $M_1 \dots M_4$ — метки; е — вискозиметр ВНЖТ (Канон-Фенске-Опакв): 1, 2 к 3 — трубки; 4, 5 и 6 — резервуары; $M_1 \dots M_4$ — метки; ж — вискозиметр БС/ИП/РФ: 1 и 2 — трубки; 3 — пипетка с упором; $M_1 \dots M_4$ — метки

Вискозиметр Канон-Фенске. Для заполнения его испытуемым нефтепродуктом на трубку 2 (рис 6, а) надевают резиновую трубку, трубку 1 погружают

в нефтепродукт и засасывают его с помощью резиновой груши или водоструйного насоса до метки M_2 . Вынимают вискозиметр из сосуда с нефтепродуктом и возвращают в нормальное положение. На конец трубки 1 надевают резиновую трубку. Затем вискозиметр помещают в баню и выдерживают в ней 30 мин, при этом расширение 3 должно находиться ниже уровня жидкости в бане. Далее нефтепродукт засасывают в расширение 4, примерно на 5 мм выше метки M_1 и измеряют время перемещения мениска от метки M_1 до M_2 .

Вискозиметр Пинкевича (ВПЖТ-4) и ВПЖТ-2. На отводную трубку 3 (рис. 6,б,в) надевают резиновую трубку. Затем, зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, погружают колено 1 в нефтепродукт и засасывают его до метки M_2 при помощи резиновой груши. Когда уровень нефтепродукта достигнет метки M_2 , вискозиметр вынимают и переворачивают. Снимают с конца колена 1 избыток нефтепродукта. Затем на этот конец надевают резиновую трубку и устанавливают вискозиметр в термостат так, чтобы расширение находилось ниже уровня термостатирующей жидкости. Вискозиметр выдерживают при заданной температуре не менее 15 мин, затем засасывают нефтепродукт в колено 1 примерно на 1/3 высоты расширения 4. Сообщив колено 1 с атмосферой, измеряют время перемещения мениска нефтепродукта от метки M_1 до M_2 .

Вискозиметр ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ). Испытуемый нефтепродукт наливают в вискозиметр через трубку 1 (рис. 6,г). Уровень его должен располагаться между метками M_3 и M_4 . На трубки 2 и 3 надевают резиновые трубки. Первая из них снабжена краном, вторая — краном и резиновой грушей. Вискозиметр устанавливают вертикально в термостат так, чтобы уровень жидкости был на несколько сантиметров выше расширения 4. При заданной температуре вискозиметр выдерживают не менее 15 мин, затем засасывают грушей при закрытой трубке 2 нефтепродукт выше метки M_1 , примерно до середины расширения 4, и закрывают кран, который соединен с трубкой 3. Затем открывают этот кран, освобождают зажим на трубке 2 и измеряют время перемещения уровня нефтепродукта в трубке 3 от метки M_1 до M_2 . Необходимо, чтобы к моменту подхода уровня жидкости к метке M_1 в расширении 5 образовался «висячий уровень», а в капилляре не было пузырьков воздуха.

Вискозиметр Уббелоде. Вискозиметр поворачивают на 30° от вертикального положения, при этом сосуд 7 (рис. 6, д) должен оказаться над капилляром. Через трубку 1 вносят пробу, ее уровень должен достигать метки M_4 . Далее вискозиметр возвращают в нормальное положение, уровень жидкости не должен быть выше метки M_3 . Вискозиметр помещают в баню и выдерживают 20 мин. На трубку 3 надевают резиновую трубку, трубку 2 закрывают пальцем и засасывают нефтепродукт до половины расширения 4. Далее трубку 2 открывают, нефтепродукт протекает из этой трубки в сосуд 6, при этом должен образоваться «висячий уровень». Освобождают трубку 3 и измеряют время перемещения мениска жидкости от метки M_1 до M_2 .

Вискозиметр ВНЖТ (Канон-Фенске-Опакв). На отводную трубку 3 (рис. 6,е) надевают резиновую трубку. Зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, засасывают нефтепродукт до метки M_4 . Затем вискозиметр перево-

рачивают и надевают на конец колена 1 резиновую трубку длиной 8...15 см с зажимом. Открывают кран, заполняют нефтепродуктом приблизительно половину резервуара 6 и снова закрывают кран. Вискозиметр помещают в термостабилизирующую жидкость и выдерживают 20 мин. Затем открывают колено 1 и одновременно измеряют время течения жидкости от метки M_1 до M_2 и от метки M_2 до M_3 . По времени заполнения резервуара 5 находят вязкость нефтепродукта, время заполнения резервуара 4 — контрольное.

Вискозиметр БС/ИП/РФ. Его устанавливают в баню так, чтобы метка M_4 (рис. 6, ж) была на 3 см выше уровня жидкости в бане, а капилляр занимал вертикальное положение. Пипеткой в трубку 1 вносят пробу нефтепродукта. Закрывают трубку 2 и останавливают течение нефтепродукта тогда, когда его уровень на 5 мм ниже метки M_3 . Затем пробу доливают до метки M_4 и вискозиметр выдерживают в бане 20...30 мин. Освобождают трубку 2, доводят уровень нефтепродукта до метки M_3 и снова закрывают трубку 2. Пипеткой 3 с предохранительным упором устанавливают нефтепродукт точно по метке M_4 . Затем освобождают трубку 2 и измеряют время прохождения мениска от метки M_2 до M_1 .

При определении кинематической вязкости нефтепродуктов с помощью вискозиметров типа Оствальда и вискозиметров с висячим уровнем время истечения определяют не менее трех раз, а при использовании вискозиметров с обратным потоком — не менее двух.

Обработка результатов. Кинематическую вязкость ν ($\text{мм}^2/\text{с}$) испытуемого нефтепродукта определяют по формуле

$$\nu = C \cdot \tau, \quad (3.5)$$

где C — постоянная вискозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$ (дана в свидетельстве о проверке); τ — среднее арифметическое значение времени истечения нефтепродукта в вискозиметре, с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ МОТОРНОГО МАСЛА

Общие сведения. Испытания проводят способом Папок и Зусевой, который заключается в растворении испытуемого масла бензином-растворителем марки БР-1 «Галоша» и последующем фильтровании раствора через мембранные (нитроцеллюлозные) фильтры. Степень чистоты испытуемого масла оценивают по числу фильтраций и количеству осадков на мембранных фильтрах.

Число фильтраций устанавливают по числу мембранных фильтров, необходимых для фильтрования раствора испытуемого смазочного масла при условии замены их через каждые 5 мин. Количество осадков (мг на 100 г масла), задерживаемых мембранными фильтрами, находят по приращению массы фильтров после отфильтровывания раствора испытуемого масла.

Проведение испытаний. Для определения степени чистоты испытуемого

масла мембранный фильтр помещается в разъемную воронку из нержавеющей стали (рис. 7). Фильтр с помощью резиновой пробки плотно устанавливают в колбу для фильтрования и под вакуумом фильтруют раствор масла. Разрежение создается вакуумным насосом и фиксируется по мановакуумметру, наполненному ртутью. Колбу для фильтрования соединяют с вакуумным насосом трехходовым краном, которым регулируют разрежение в процессе фильтрации.

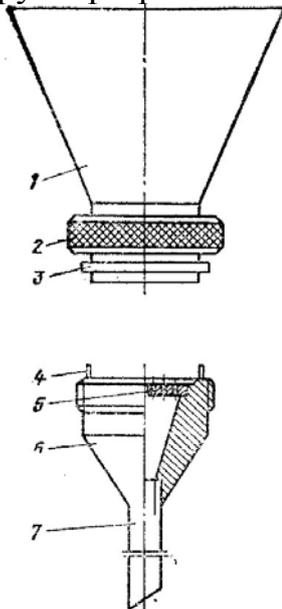


Рис. 7. Разъемная воронка: 1 - конус; 2 - накидная гайка; 3 - патрубок; 4 - штифт; 5 - решетка; 6 - штуцер; 7 - трубка

Воронка состоит из двух частей, соединяемых накидной гайкой 2 и штифтами 4. Верхняя часть корпуса 1 полая, в нижней части в штуцере 6 находится решетка 5, на которую помещают мембранный фильтр. Перед испытанием пробу моторного масла тщательно перемешивают 5 мин в бутылке, заполненной не более чем на 3/4 ее вместимости. Высоковязкие масла предварительно подогревают до 40...80°C. Затем в стеклянный стакан вместимостью 50 мл отбирают 5 г масла, взвешенного с погрешностью не более 0,01 г. В стакан доливают 45 мл бензина марки БР-1 «Галоша».

Мембранные фильтры диаметром 27 мм сушат в сушильном шкафу 15 мин при температуре (100 ± 2) °С, охлаждают при комнатной температуре и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г. Затем снова повторяют эти операции, чтобы убедиться в постоянстве массы фильтров. Расхождение между двумя последовательными взвешиваниями должно быть не более 0,0004 г.

Нижнюю часть разъемной головки при помощи пробки соединяют с колбой для фильтрования. Колбу через тройник сообщают резиновой трубкой с вакуумным насосом и мановакуумметром. На решетку в нижней части воронки помещают мембранный фильтр матовой стороной вниз. Верхнюю часть воронки надевают на штифты и закручивают накидную гайку.

Включают вакуумный насос, устанавливают давление внутри фильтровальной колбы 20...30 мм рт. ст. и пропускают через мембранный фильтр 10 мл бензина марки БР-1 «Галоша». Затем фильтруют испытуемый раствор мотор-

ного масла в течение 5 мин. Если раствор масла полностью не отфильтровался за указанное время, то фильтрацию прекращают. Остаток раствора сливают обратно в стакан, снимают мембранный фильтр с решетки, устанавливают новый и снова продолжают фильтрацию в течение 5 мин. Таким образом фильтруют раствор испытуемого масла до конца, заменяя фильтр через каждые 5 мин. Если не удастся отфильтровать раствор масла через пять фильтров, то испытание заканчивают.

Мембранные фильтры с осадками помещают на фильтровальной бумаге в сушильный шкаф, выдерживают при температуре $(100+2)$ °С в течение 15 мин, затем охлаждают до комнатной температуры и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г. Эти операции снова повторяют, расхождение между двумя последовательными взвешиваниями мембранных фильтров должно быть не более 0,0004 г.

Обработка результатов. Массу x (мг на 100 г масла) осадков, задерживаемую мембранными фильтрами, находят по формуле

$$x = \sum g \cdot 100 / m, \quad (3.6)$$

где $\sum g$ - масса осадков на всех фильтрах, мг; m - масса навески масла, г.

Массу x_1 (мг на 100 г испытуемого масла) осадков, задерживаемую мембранными фильтрами, при незаконченном фильтровании раствора масла определяют по формуле

$$x_1 = \frac{\sum g \cdot V \cdot 100}{m(V - V_1)}, \quad (3.7)$$

где $\sum g$ - масса осадков на пяти фильтрах, мг; V — объем испытуемого раствора масла, мл; m — навеска масла, г; V_1 — объем неотфильтрованного масла, мл.

При проведении испытаний расхождение между двумя определениями числа фильтраций не должно превышать единицы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КАПЛЕПАДЕНИЯ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

Общие сведения. Температура каплепадения — это температура, при которой смазка из пластичного (полутвердого) состояния переходит в жидкое. При определении температуры каплепадения пластичная смазка, нагретая в специальном приборе, размягчается до такого состояния, при котором происходит образование жидкой капли и ее падение.

По температуре каплепадения смазки можно приближенно судить о ее работоспособности при повышенной температуре. Для надежного смазывания узлов трения необходимо, чтобы их рабочая температура была на 10...20°С ни-

же, чем температура каплепадения пластичной смазки.

В табл. 4 указаны температуры каплепадения и температурный диапазон применения ряда пластичных смазок.

Таблица 4

Температура каплепадения пластичных смазок

Смазка	Температура каплепадения, °С	Температурный диапазон применения, °С
Солидол С	85...105	-20...65
Пресс-солидол С	85...95	-30...50
Графитная УСсА	77...90	-20...65
Литол-24	185...205	-40...130
Фиол-1	185...200	-40...120
Униол-1	230...260	-30...150
ЦИАТИМ-221	200...220	-60...150
ЦИАТИМ-201	175...190	-60...90
Смазка №158	140...160	-40...120
КСБ	50...190	-30...110

Проведение испытаний. Прибор для определения температуры каплепадения пластических смазок показан на рис. 8.

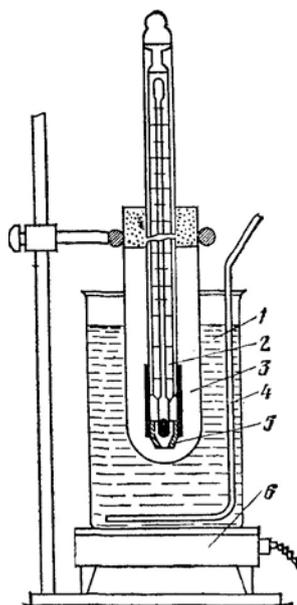


Рис. 8. Прибор для определения температуры каплепадения: 1 - стакан с водой или глицерином; 2 - специальный термометр с гильзой; 3 - пробирка; 4 - мешалка; 5 – капсюль для испытуемой смазки; 6 - электроплитка

Определение температуры каплепадения проводят стандартным термометром типа Уббелоде. В нижней части термометра 2 смонтирована металлическая гильза, на которую навинчивается металлическая трубка с отверстием. В отверстие вставляют капсюль (чашечку) стандартных размеров. Термометр

укрепляется на пробке в стандартной пробирке 3. Пробирку размещают на штативе и вставляют в стакан-баню 1, в которую заливают воду или глицерин.

Испытуемую пластичную смазку плотно вмазывают шпателем в чашечку прибора, следя за тем, чтобы на поверхности не было пузырьков воздуха. Лишнее количество смазки снимают ножом. Затем чашечку вставляют в гильзу термометра так, чтобы верхний край ее упирался в буртик гильзы. При этом нижним концом термометра выдавливается через отверстие излишек смазки, который также снимают. На дно сухой чистой пробирки кладут кружок белой бумаги и помещают в пробирку термометр таким образом, чтобы нижний край чашечки находился на расстоянии 25 мм от кружка. Затем пробирку с термометром помещают в водяную или глицериновую баню. Глицерин используют для смазок с температурой каплепадения выше 80 °С. Воду или глицерин подогревают таким образом, чтобы после достижения температуры на 20 °С ниже ожидаемой температуры каплепадения скорость нагревания составляла 1 °С/мин.

За температуру каплепадения испытуемой пластичной смазки принимают температуру, при которой падает первая капля или дно пробирки касается столбик смазки, выступивший из отверстия чашечки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей./ М. А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. – М.: Издательство стандартов, 1981.
2. Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям.– М.: Колос, 1982.
3. Лышко Г. П. Топливо и смазочные материалы. - М.: Агропромиздат, 1985.
4. Кузнецов А. В., Кульчев М. А. Практикум по топливу и смазочным материалам. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И КОНТРОЛЬ ЗА ВЫПОЛНЕНИЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	3
2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	5
Лабораторная работа № 1. Исследование фракционного состава автомобильного бензина.....	5
Лабораторная работа № 2. Определение коррозионных свойств бензина.....	9
Лабораторная работа № 3. Определение октанового числа автомобильного бензина.....	12
Лабораторная работа № 4. Определение низкотемпературных свойств дизельного топлива.....	17
Лабораторная работа № 5. Определение кинематической вязкости Нефтепродукта.....	20
Лабораторная работа № 6. Определение степени чистоты моторного масла.....	25
Лабораторная работа № 7. Определение температуры каплепадения пластичной смазки.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ

для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

и 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»,

специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологический средства»

Составители:

Устинов Юрий Федорович

Волков Николай Михайлович

Дёгтев Дмитрий Николаевич

Никитин Сергей Александрович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 29.12. 2020.

Уч-изд. л. 1,9.