

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 10:55:05

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba818c0b0b0aa62

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

для студентов направления подготовки

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Пятигорск 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. КРАТКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ.....	3
2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТЧЁТА.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИСПЫТАНИЕ НА МЕДНОЙ ПЛАСТИНКЕ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ.....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ БЕНЗИНА	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНЕТРАЦИИ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ.....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПОМУТНЕНИЯ И ЗАСТЫВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	43
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ	49
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ В ОТКРЫТОМ ТИГЛЕ.....	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ ГЛИКОЛЯ В ОХЛАЖДАЮЩИХ НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩИХ ЖИДКОСТЯХ.....	62
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КАПЛЕПАДЕНИЯ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК	70
ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЭТИХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	77

1. Краткая инструкция по технике безопасности при проведении лабораторных работ в лаборатории

К лабораторной работе допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности при работе с топливно-смазочными и лакокрасочными материалами, прошедшие инструктаж на рабочих местах и соблюдающие правила внутреннего распорядка.

Проведение инструктажа и усвоение полученных знаний регистрируется в специальном журнале. Для обеспечения безопасного выполнения работ следует соблюдать перечисленные ниже правила.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 готовность к руководству выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов	ИД-1 _{ПК-1} Владеет методами организации работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов в соответствии с требованиями организаций изготовителей	Готовность к руководству выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов
	ИД-2 _{ПК-1} Определяет рациональные методы рационального обеспечения процесса технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств и их компонентов	

2. Требования к выполнению отчёта

Отчет по лабораторным работам выполняется на писчей бумаге стандартного формата А4 (297 х 210). Все листы сшиваются в папке скоросшивателем или переплетаются. Допускается выполнение отчета по лабораторным работам в общей тетради.

Содержание отчета следует иллюстрировать таблицами, схемами, рисунками и т.д. Графическому материалу по тексту необходимо давать пояснение в виде ссылок на рисунки и схемы, а внизу под графическим материалом обязательно выполнять подрисуночную надпись.

В тексте отчета не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

В отчете используется сплошная нумерация страниц. На титульном листе номер страницы не проставляется.

Титульный лист является первой страницей отчета и заполняется по определенным правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения и кафедры, по которой выполняются работы.

В среднем поле пишется: "Отчет по лабораторной работе по дисциплине..." Далее ближе к левому краю указываются фамилия, имя и отчество студента, курс, группа (шифр), а к правому краю (чуть ниже) указываются фамилия, имя, отчество научного руководителя, а также его ученая степень и ученое звание.

В нижнем поле указывается место выполнения работ и год выполнения (без слова "год").

Титульный лист оформляется печатным шрифтом (или набранным на компьютере). В случае выполнения отчета в тетради титульный лист оформляется печатным шрифтом от руки.

После титульного листа помещается содержание (оглавление), где приводятся все заголовки работы и указываются страницы, на которых они помещены. Необходимо помнить, что все заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом, а заголовки последующей ступени смещают на три — пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени.

После каждой лабораторной работы помещается список использованных источников.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении.

Схемы, рисунки, графики необходимо выполнять карандашом, черной пастой или тушью на листах писчей, чертежной или миллиметровой бумаги, которые вкладываются в отчёт. При необходимости можно использовать листы нестандартного формата.

Лабораторная работа № 1. Испытание на медной пластинке.

1. Введение

Цель - приобретение навыков определения наличия в топливе активных сернистых соединений.

Задачи:

1. Изучить принцип содержания водорастворимых кислот и щелочей в бензине.
2. Изучить причины появления водорастворимых кислот и щелочей в бензине.
3. Провести исследования.
4. Подготовить выводы по результатам исследований.
5. Подготовить отчет и защитить его.

2. Теория

2.1. Общие сведения

Сернистые соединения по коррозионной агрессивности подразделяют на активные и неактивные. Их содержание в топливе отрицательно сказывается на его эксплуатационных свойствах, таких как стабильность, способность к нагарообразованию, коррозионная агрессивность и др. Активные сернистые соединения вызывают коррозию металлов даже при нормальных условиях.

Неактивные сернистые соединения не опасны для резервуаров, трубопроводов, топливных баков и других деталей автомобилей, так как при контакте с металлами коррозионный процесс не возникает.

При сгорании, как активные, так и неактивные соединения образуют серный и сернистый ангидриды SO_2 и SO_3 , а при конденсации из продуктов сгорания воды, соединяясь с ней, соответственно сернистую и серную кислоты. Серный ангидрид при работе прогретого двигателя вызывает газовую коррозию цилиндра, поршня и выпускных клапанов. По результатам многочисленных экспериментов и практическим данным установлено, что коррозионный износ в значительной степени зависит от изношенности двигателя, количества серы, содержащейся в топливе, и конкретных условий эксплуатации: при увеличении содержания серы в бензине от 0,05 до 0,1% износ двигателей возрастает в 1,5-2 раза, с 0,1 до 0,2% - еще в 1,5-2 раза, а с 0,2 по 0,3% - в 1,3-1,7 раза (рис. 2.1).

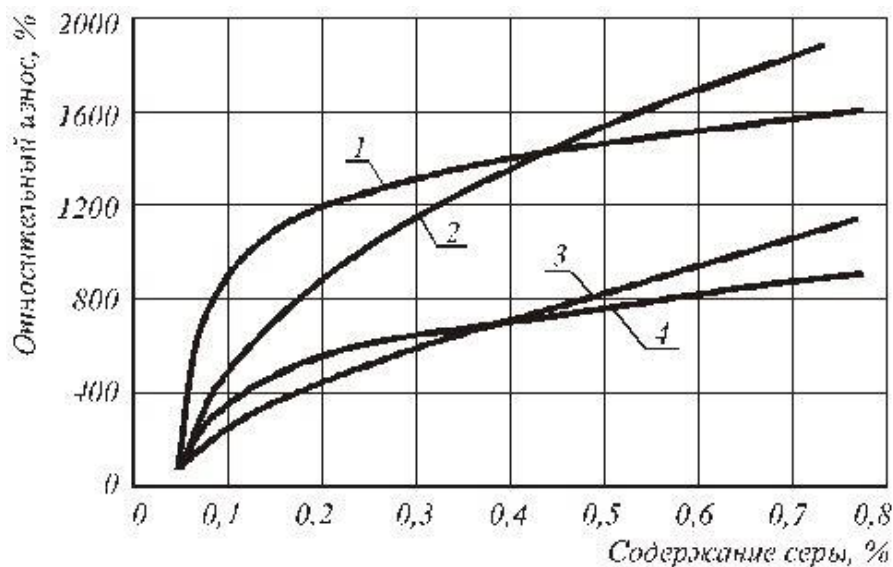


Рис. 2.1. Влияние серы, содержащейся в бензине, на износ двигателя

1 – толкатели; 2 – поршневые кольца; 3 – стержень клапана; 4 – цилиндр

Полное удаление серы из топлива - процесс трудоемкий и требует больших затрат. Часть сернистых соединений, в основном неактивных, в количестве, практически не влияющем на износ двигателя, в топливе остается. Максимальное содержание серы в отечественных автомобильных бензинах регламентируется ГОСТ 2084-77 и равно 0,12%.

Испытание на медной пластинке проводится в целях определения наличия в топливе активных сернистых соединений.

Сущность определения заключается в фиксировании изменения (или в отсутствии изменения) цвета медной пластинки под воздействием топлива в стандартных условиях испытания (рис. 2.2).

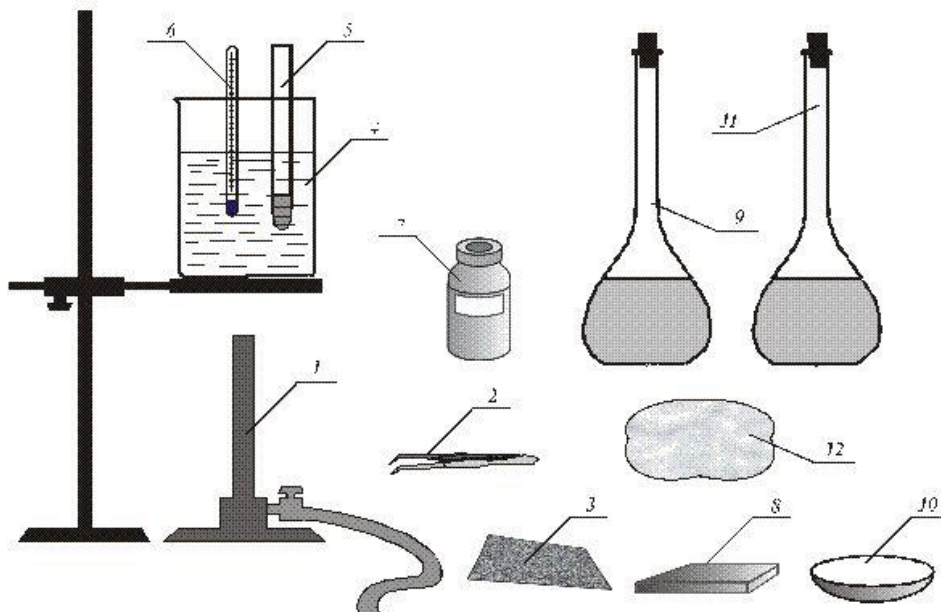


Рис. 2.2. Испытание на медной пластинке

1 – горелка; 2 – пинцет; 3 – шлифовальная шкурка; 4 – стакан термостатирующей жидкостью; 5 – пробирка с испытуемым продуктом и медными пластинками; 6 – термометр; 7 – склянка со шлифовальным порошком; 8 – фильтр; 9 – колба с изооктаном; 10 – фарфоровая чашка; 11 – колба со спиртом, 12 – вата

2.2. Подготовка к определению

Для определения применяют пластинки из электролитной меди марок М0 или М1 размером 40×10×2 мм. Новые пластинки изготовляют с шероховатостью поверхностей, соответствующей восьмому классу чистоты.

Непосредственно перед определением пластинки шлифуют шкуркой или шлифовальным порошком на вате, смоченной в изооктане (зернистость абразивного материала - 6-8). Шлифовка ведется вдоль обрабатываемой пластинки (туда и обратно). Пятна и царапины на всех шести сторонах пластинки удаляют шлифовальным порошком более крупной зернистости.

Для получения гладкой поверхности пластинки обрабатывают шлифовальным микропорошком (корунд или карбокорунд зернистостью № 14 или №10) на вате, смоченной в изооктане, до удаления всех следов, оставшихся от первой обработки. Затем пластинки промывают спиртом и высушивают. Для каждого испытуемого топлива проводят не менее двух параллельных определений.

Испытуемое топливо фильтруют через бумажный фильтр и наливают в пробирки по 10 см³ в каждую. В пробирки с топливом подготовленные пластинки опускают пинцетом и закрывают их корковыми пробками.

2.3. Порядок определения

Пробирки с испытуемым топливом и медными пластинками помещают в вертикальном положении в нагретую баню. При анализе топлив для реактивных двигателей в баню в качестве термостатирующей жидкости заливают глицерин или масло вазелиновое медицинское. При анализе всех остальных топлив в баню заливают в воду.

Уровень жидкости в бане должен быть выше уровня топлива в пробирках не менее чем на 30 мм.

Температура жидкости в бане во время определения должна быть:

- при анализе топлива для реактивных двигателей $100 \pm 1^\circ\text{C}$;
- при анализе всех остальных топлив $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

Изменение цвета пластинки характеризует наличие в топливе сернистых соединений.

3. Оборудование

3.1. Оборудование для проведения лабораторной работы



Рис. 3.3. Канистры с образцами бензинов

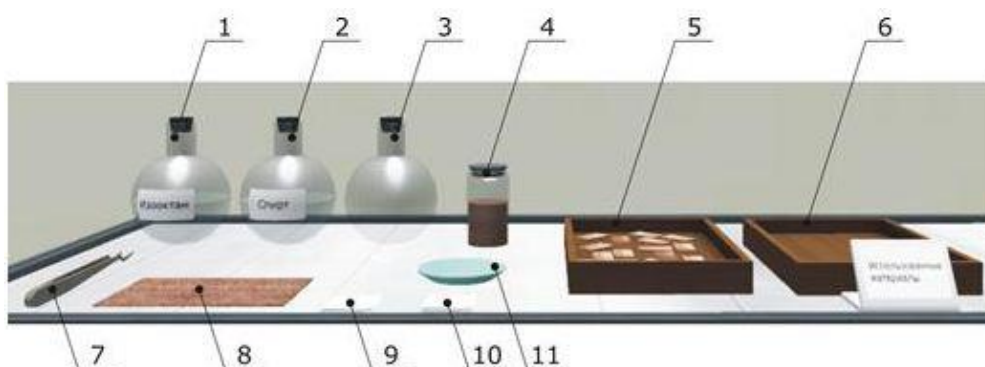


Рис. 3.4. Вспомогательное оборудование и материалы

1 - колба с изооктаном; 2 – колба со спиртом; 3 – колба для налива топлива; 4 - емкость с карбокорундом; 5 – ящик с медными пластинами размером 40x10x2мм; 6 – ящик для использованных пластинок; 7 – металлический пинцет; 8 – мелкозернистая наждачная бумага; 9,10 – ватки; 11 - чаша для карбокорунда

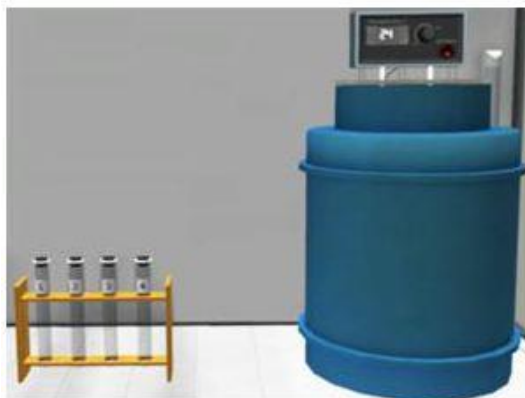


Рис. 3.5. Штатив с пробирками и водяная баня

Водяная баня представляет собой металлическую бочку, заполненную водой. Сверху на бочке установлена панель управления водяной баней. От панели управления вниз отходит нагревательный элемент. На панели управления есть: кнопка включения бани (подписи «ВКЛ» и «ВЫКЛ»), регулятор температуры внутри бани (значения от min до max), индикатор температуры внутри бани. Под панелью находится деревянная доска с 4-мя отверстиями. В них будут помещаться пробирки. Вода в бане залита таким образом, чтобы ее уровень был на 3 см выше уровня топлива в пробирках.

4. Порядок выполнения работы

1. Достаньте из шкафа канистру с топливом, поставьте ее на стол рядом с вытяжным шкафом.

2. Снимите с колбы пробку, положите ее на стол. Открутите крышку с канистры и налейте топливо в колбу (80% объема колбы). Закрутите крышку канистры, канистру уберите в шкаф. Важное условие – любые емкости с жидкими материалами нужно сразу закрывать после использования.

3. Включите водяную баню. Изначальная температура такая же, как и в комнате - 20°C.

При включении бани температура начнет повышаться:

- значение min соответствует комнатной температуре;
- значение max соответствует 60°C.

Скорость набора температуры постоянна и равна 10°C/мин.

Если выключить баню, температура начнет понижаться (10°C/мин).

4. Рассмотрите лежащие пластинки в ящике. Левый щелчок мыши ставит пластинку на уровне глаз и увеличивает ее в 2-3 раза. Повторный щелчок мыши возвращает пластинку на место.

5. Непосредственно перед определением пластинки шлифуют очень мелкой наждачной бумагой. Шлифовка ведется вдоль обрабатываемой пластинки (туда и обратно). Возьмите пластинку в руки и примените ее к наждачной бумаге, лежащей на столе. Автоматически начнется шлифовка пластинки о бумагу (туда/обратно – 10 циклов), далее пластинка перевернется на другую сторону и опять произойдет шлифовка.

6. Для получения более гладкой поверхности пластинки обрабатывают шлифовальным микропорошком (карбокорунд) на вате, смоченной в изооктане. Возьмите емкость с карбокорундом, открутите крышку и отсыпьте часть порошка в специальную белую керамическую чашу. Чаша засыпается наполовину.

7. Снимите пробку с емкости с изооктаном, возьмите в руки ватку, примените к изооктану.

8. Затем ватку обмакните в насыпанный карбокорунд. Примените ватку к пластинке меди.

9. Затем пластинки протирают спиртом, идентично процедуре с изооктаном, но без карбокорунда. Для каждого образца топлива подготовьте 4 медные пластинки.

11. Испытуемое топливо налейте в пробирки по 10 см³ в каждую. Высота пробирки 18 см.

12. В пробирки с топливом опустите пинцетом подготовленные пластинки и закройте их пробками.

13. Пробирки с испытуемым топливом и медными пластинками поместите в вертикальном положении в нагретую баню (отверстия деревянной доски). Время выдерживания - 12 мин, в реальности – 120. Время считается только с момента установления температуры испытания - 50-60⁰С.

14. После прохождения необходимого времени достаньте пробирки и поставьте их в штатив. Откройте крышку одной из пробирок и при помощи пинцета извлеките пластинку на стол. Левый щелчок мыши ставит пластинку на уровне глаз и увеличивает ее в 2-3 раза. Повторный левый возвращает пластинку на место. Цвет пластинки может поменяться.

5. Отчет

Отчет должен содержать:

1. Цель лабораторной работы.
2. Рисунок прибора для определения содержания сернистых соединений в бензине.
3. Порядок проведения лабораторной работы.
4. Полученные в ходе лабораторной работы данные и результат их обработки (занесенные в таблицу).

Таблица 5.1

Опытные данные

№ опыта	Цвет образца
1	
2	

6. Контрольные вопросы

1. Каково влияние сернистых соединений на эксплуатационные свойства двигателя?
2. В чем сущность определения содержания сернистых соединений в бензинах?
3. В чем заключается подготовка к определению содержания сернистых соединений в бензинах?
4. Каков порядок определения содержания сернистых соединений в бензинах?
5. Каково максимальное содержание серы в отечественных автомобильных бензинах допускает ГОСТ?

Лабораторная работа № 2. Определение водорастворимых кислот и щелочей

1. Введение

Цель работы - приобретение навыков определения содержания водорастворимых кислот и щелочей в бензине.

Задачи:

- изучить влияния водорастворимых кислот и щелочей на двигатель внутреннего сгорания;
- изучить причины появления активных сернистых соединений в топливе;
- изучить принцип определения наличия в топливе активных сернистых соединений;
- провести исследования;
- подготовить выводы по результатам исследований;
- подготовить отчет и защитить его.

2. Теория

В бензинах не должно быть ни водорастворимых (минеральных) кислот, ни щелочей. Тем не менее водорастворимые кислоты и щелочи могут попасть в топливо при транспортировании и хранении, например, при плохо очищенной таре. В таких случаях не исключено присутствие в топливе серной кислоты, едкого натра, сульфокислот и других веществ, вызывающих сильную коррозию цветных и черных металлов. К наличию в топливе водорастворимых кислот и щелочей может привести также ослабление контроля за процессом его очистки.

Сущность определения водорастворимых кислот и щелочей заключается в извлечении их из испытуемого нефтепродукта в водную вытяжку и в проверке её индикаторами.

Перед определением испытуемый нефтепродукт тщательно взбалтывают в течение 3 мин в склянке, заполнение не более чем на 3/4 ее объема. Вязкие и парафинистые продукты предварительно нагревают до 40-50°C. Если кинематическая вязкость нефтепродукта при 50°C более 75 сСт (масло авиационное МС-20, масло танковое МТ-16п и др.), его предварительно смешивают с равным количеством проверенного на нейтральность бензина. Кран и пробку делительной воронки слегка смазывают техническим вазелином.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

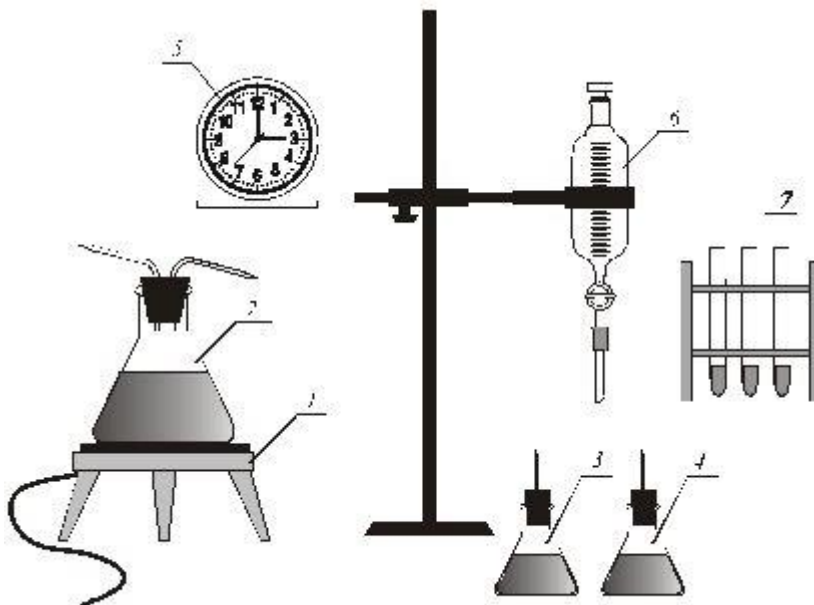


Рис. 3.3. Определение водорастворимых кислот и щелочей

1 – электроплитка; 2 - промывалка с дистиллированной водой; 3 – капельница с раствором метила оранжевого; 4 - капельница с фенолфталеином; 5 - сигнальные часы; 6 – делительная воронка с нефтепродуктами и дистиллированной водой; 7 – пробирки

В делительную воронку наливают 50 мл испытуемого продукта, подогретого до 70-80°C, и 50 мл дистиллированной воды, подогретой до 70-80°C и проверенной на нейтральность. При определении водорастворимых кислот и щелочей в топливе для реактивных двигателей в делительную воронку наливают 100 мл испытуемого топлива и 10 мл дистиллированной воды.

При определении водорастворимых кислот и щелочей в бензине, лигроине, керосине и топливе для реактивных двигателей эти нефтепродукты не подогревают. Содержимое делительной воронки в течение 5 мин интенсивно взбалтывают и затем смеси дают отстояться. После отстоя полную вытяжку наливают в две пробирки, по 1-2 мл в каждую. В одну пробирку прибавляют две-три капли раствора метилового оранжевого и сравнивают цвет испытуемой водной вытяжки с цветом дистиллированной воды такого же объема, налитой в третью пробирку, в которую также добавлены две-три капли раствора метилового оранжевого. Окрашивание испытуемой водной вытяжки в розовый или оранжево-красный цвет указывает на наличие в нефтепродукте водорастворимых кислот. Если кислот в нефтепродукте не обнаружено, производят испытание на наличие водорастворимых щелочей. Для этого во вторую пробирку добавляют две-три капли раствора фенолфталеина. Окрашивание водной вытяжки в розовый (фиолетово-розовый) и малиново-красный цвет указывает на щелочную реакцию.

Если при анализе бакинского дизельного топлива, масел щелочной очистки, масел с присадками и неочищенных остаточных нефтепродуктов водная вытяжка покажет щелочную реакцию (вследствие возможного гидролиза мыл или образования стойкой водной эмульсии при смешении этих нефтепродуктов с дистиллированной водой), то проводят контрольное определение холодного продукта. Его обрабатывают нейтральным водным спиртом (в соотношении 1:1), нагретым до 50°C, аналогично вышеуказанной обработке горячей дистиллированной водой.

При отсутствии щелочей водная вытяжка цвета не изменит или слегка побелеет. При обнаружении изменения окраски продукт считается некондиционным. Качество продукта, содержащего водорастворимые кислоты и щелочи, не исправляется.

В шкафу находятся несколько канистр с испытуемым топливом, спиртом и дистиллированной водой.



Рис. 3.4. Канистры с испытуемым топливом, спиртом и дистиллированной водой

На столе располагаются две колбы для испытуемого топлива и дистиллированной воды, закрытые пробками, с отверстиями, в которые вставлены термометры, градуированные от 0 до 100°C.

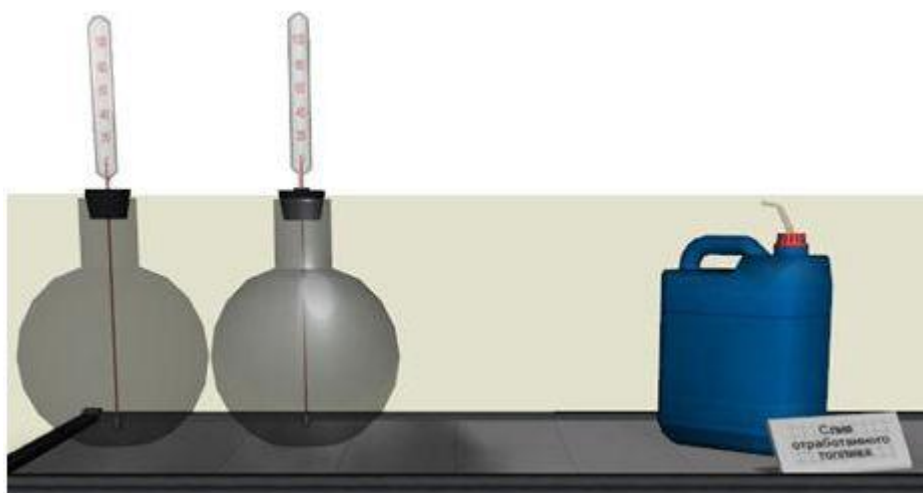


Рис. 3.5. Вспомогательное оборудование
В вытяжном шкафу присутствует следующее оборудование:

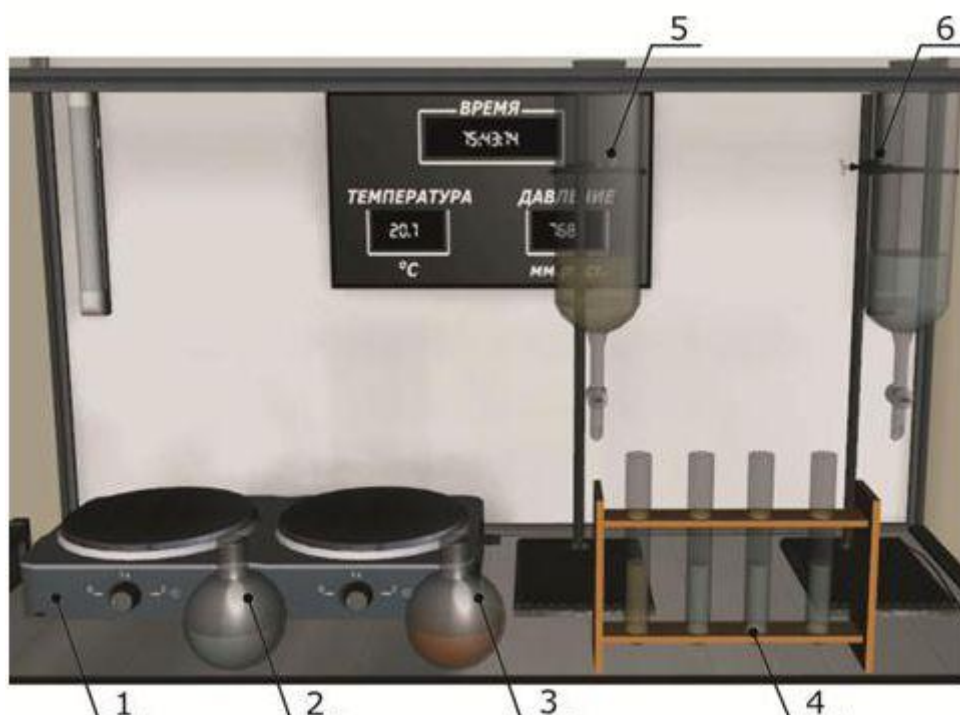


Рис. 3.6. Оборудование
1 – двухконфорочная плитка; 2 – фенолфталеин; 3 - метил оранжевый; 4 - подставка с пробирками; 5,6 – делительные воронки для топлива и воды

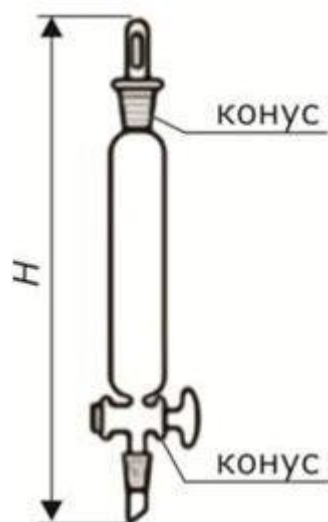


Рис. 3.7. Делительная воронка

4. Порядок выполнения работы

1. Откройте шкаф с исследуемым материалом. Достаньте канистру с испытуемым топливом и канистру с дистиллированной водой.

2. Снимите пробку с термометром с первой колбы, открутите крышку с канистры, налейте топливо в колбу. Закройте колбу и закрутите крышку канистры;

Если взяли из шкафа канистру с маслом, то в колбу необходимо налить только половину объема. Затем достаньте канистру с нейтральным бензином и в эту же самую колбу долейте другую половину объема.

2. Снимите пробку с термометром с другой колбы, открутите крышку с канистры, налейте в нее дистиллированную воду. Закройте крышку колбы и закрутите крышку канистры.

3. Канистры уберите в шкаф.

4. Нагрев:

Если для исследования взяли канистру с бензином, то подогревать его не нужно (вода в таком случае тоже не подогревается).

Если взяли канистру с ДТ или маслом, то для исследования их качества необходимо произвести нагрев: поставьте колбы на плитку, включите ее. Произойдет процесс нагрева (максимально до температуры 80°C , со скоростью 10°C в мин; при выключении плитки охлаждение будет со скоростью в 5°C в минуту).

5. Снимите крышки с делительных воронок. Закройте краны (если не закрыты). Кран закрывается поворотом рукоятки на 90°C (в лабораторной работе - щелчком по нему)

6. Налейте топливо и воду в делительные воронки по 50 мл, применением колб к воронкам (проверьте, сняты ли крышки).

7. Достаньте делительную воронку со стойки и в течении 1 минуты встряхивайте ее. После начала встряхивания жидкости перемешаются. Воронку с водой не используйте.

8. После встряхивания поместите воронку обратно в стойку и дайте жидкости отстояться (2 мин).

8. Снимите первую делительную воронку (с топливом) и поднесите к первой пробирке на подставке, открутите кран и налейте в нее жидкость. Та же процедура на второй пробирке. Поставьте воронку обратно.

9. Возьмите вторую воронку и заполните остальные две пробирки.

10. Возьмите колбу с метилом оранжевым и капните его в первую пробирку с топливом и в одну пробирку с водой. В пробирке с водой цвет будет таким, как во второй пробирке.

В пробирке с водой от топлива: если в ней не присутствует кислота, цвет как во второй пробирке; а если кислота все-таки присутствует, то цвет будет как в первой пробирке.

11. Затем возьмите колбу с фенолфталеином. Если в топливе уже обнаружена кислота и вы пытаетесь проверить на щелочь - выводится надпись «Повторите теорию еще раз» при невозможности капать фенолфталеин в пробирку. Если кислоты нет в топливе, то капните его в первую пробирку с топливом и в одну пробирку с водой. В пробирке с водой цвет слегка помутнеет. Во второй пробирке (от топлива), если щелочи нет, то цвет как в пробирке с водой. Если щелочь присутствует, то цвет станет розовым (фиолетово-розовым) или малиново-красным.

12. Открутите крышку канистры для слива отработанного топлива и слейте жидкость из всех пробирок, делительных воронок. Можно повторить опыт.

13. Если в ДТ обнаруживается щелочь, вы можете сделать повторное определение этого топлива со спиртом.

Для этого достаньте канистру с ДТ, заполните ДТ половину колбы. Возьмите из шкафа канистру со спиртом, нагрейте его до 50⁰С, наливаем еще половину колбы. Далее встряхните колбу, дайте отстояться, и можете делать проверку на присутствие щелочи.

5. Отчет

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и задачи лабораторной работы.
3. Порядок проведения лабораторной работы (включая устройство приборов для определения водорастворимых кислот и щелочей).
4. Полученные в ходе лабораторной работы данные и результат их обработки (занесенные в таблицу).

№ опыта	Наличие кислоты	Наличие щелочи
1.		
2.		

5. Выводы по проведенному эксперименту.

6. Контрольные вопросы

1. Каким образом кислоты и щелочи попадают в нефтепродукты?
2. В чем сущность определения водорастворимых кислот и щелочей?
3. В чем заключается подготовка к определению водорастворимых кислот и щелочей?
4. Каков порядок определения водорастворимых кислот и щелочей?
5. Для чего проводят контрольное определение холодного нефтепродукта?
6. Для чего бензин и воду подогревают перед испытанием?
7. До какой температуры подогревают бензин и воду?
8. Какой цвет принимает вода, содержащая кислоту при реакции с метилоранжем?
9. Какой цвет принимает вода, содержащая щелочь при реакции с фенолфталеином?
10. Допускает ли ГОСТ содержание водорастворимых кислот и щелочей в бензине?
11. Могут ли в бензине одновременно содержаться водорастворимые кислоты и щелочи?
12. Каково процентное соотношение нефтепродукта и воды в делительной воронке?
13. Исправляется ли качество нефтепродукта, содержащего водорастворимые кислоты и щелочи?
14. В течении какого времени должно отстаиваться содержимое делительной воронки после смешивания?

Лабораторная работа № 3. Определение давления насыщенных паров бензина

1. Введение

Цель работы - приобретение навыков определения давления насыщенных паров бензина.

Задачи:

- изучить зависимости значения давления насыщенного пара от марки бензина;
- изучить принцип определения насыщенных паров бензина;
- провести исследования;
- подготовить выводы по результатам исследований;
- подготовить отчет и защитить его.

2. Теория

Высокая испаряемость - одно из важнейших свойств бензина. Различают испаряемость двух видов - статическую и динамическую.

Статическое - это испарение с неподвижной поверхности топлива в неподвижный воздух, наблюдается при хранении топлива в резервуарах.

Динамическое испарение происходит при обдуве топлива потоком воздуха, например, в системе питания двигателя внутреннего сгорания.

Испаряемость бензина обуславливается давлением его насыщенных паров. Если в замкнутой системе скорость испарения становится равной скорости конденсации, то в системе наступает динамическое равновесие. При этом плотность пара будет максимальной, а пар - насыщенным.

Насыщенный пар - это пар, находящийся в равновесном состоянии с жидкостью. Температура его такая же, как и у испаряемой жидкости.

Давление насыщенных паров жидкости - это давление, развиваемое парами в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре.

Для простых жидкостей давление насыщенных паров определяется только природой жидкости и температурой, а для сложных (например, бензина) - зависит также и от отношения объема паровой фазы к объему жидкой. Чем больше в бензине содержится углеводородов с низкой температурой кипения, тем выше его испаряемость, давление насыщенных паров и склонность к образованию паровых пробок.

Паровые пробки образуются в системе питания двигателя при эксплуатации автомобилей в летний период, особенно в южных районах страны, а также в высокогорных условиях и при повторных пусках перегретого двигателя.

При нагревании бензина в системе питания легкокипящие углеводороды испаряются не только с открытой поверхности, но и в объеме топлива, в результате чего образуется большое количество паров. В бензине сильно возрастает объем паровой фазы и уменьшается объем жидкой. Через систему питания двигателя в этом случае идет смесь, состоящая из жидкого бензина, его паров и небольшого количества воздуха, выделившегося при нагревании из бензина. Это приводит к снижению подачи насосом массового количества топлива, чрезмерному обеднению горючей смеси, перебоям в работе двигателя в связи с ухудшением ее воспламенения, падению мощности и остановке двигателя. Остановка носит такой же характер, что и при засорении топливопроводов механическими примесями. Поэтому явление получило название паровой пробки, хотя двигатель останавливается не за счет перекрытия топливного тракта паровой пробкой, прекращающей совсем подачу топлива.

При эксплуатации автомобиля основным фактором, влияющим на образование паровых пробок, служит температура бензина в системе питания, которая зависит от конструктивных особенностей двигателя и температуры окружающего воздуха.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

3.2.1. Подготовка к определению

Давление насыщенных паров летнего бензина всех марок должно быть не более 66661 Па (500 мм рт.ст.), а зимнего - от 66661 до 93325 Па (500...700 мм рт.ст.). Работа автомобилей в летний период на зимнем бензине запрещается, так как из-за высокого давления насыщенных паров бензина в системе питания будут интенсивно образовываться паровые пробки. Также недопустима работа автомобилей зимой на летнем бензине.

Относительно невысокое давление насыщенных паров и присутствие большого количества высококипящих углеводородов в летнем бензине затрудняет пуск двигателя, ухудшает его динамические качества и повышает износ цилиндропоршневой группы.

Давление насыщенных паров бензина определяют стандартным методом или же способом Валявского-Бударова.

3.2.2. Порядок определения

При стандартном методе получают условную характеристику испарения, пусковых качеств и склонности топлива к образованию паровых пробок. Сущность метода заключается в измерении давления насыщенных паров топлива в двухкамерной бомбе при температуре 37,8°C. Схема прибора показана на рис.3.3.

Металлическая бомба состоит из топливной камеры (1) с одним отверстием и воздушной камеры (2), которые соединяются при помощи резьбы. Отношение объемов воздушной и топливной камер составляет 3,8...4,2:1. В верхней части воздушной камеры находится ниппель (8) с газовым краном (4) и наконечником для резиновой трубки.

Применяют ртутный или пружинный манометр. Ртутный манометр (3) выполнен в виде U-образной стеклянной трубки диаметром 5...8 мм и длиной 1000, снабженной школьной пластиной с диапазоном измерения от 0 до 700...800 мм и ценой деления 1 мм. Манометрическую трубку наполняют ртутью, на одно ее ответвление надевают резиновую трубку с внутренним диаметром 3...6 мм и длиной 1000...1200 мм, которую затем соединяют с воздушной камерой бомбы.

Размеры водяной бани для нагревания и проверки герметичности позволяют погружать в нее бомбу так, что верхний край воздушной камеры находится ниже уровня воды не менее чем на 25 мм. В бане поддерживают постоянную температуру 37,8°C при помощи термостата (4).

Проба бензина для анализа отбирается с помощью приспособления, исключающего потери от испарения во время переливания. Приспособление состоит из плотно пригнанной к бутылке корковой пробки с проходящими сквозь нее двумя трубками. Одна трубка (воздушная) доходит до дна бутылки, другая (для слива топлива) - с внутренней стороны - вставляется вровень с пробкой, а с внешней выступает настолько, чтобы она не достигала дна сосуда, в которое сливается топливо (на 10...20 мм).

Сосуд с бензином охлаждают до температуры 0...4°C и только после этого открывают. Пробу бензина, предназначенную для исследования, хранят в лаборатории до испытания при температуре не выше 20°C.

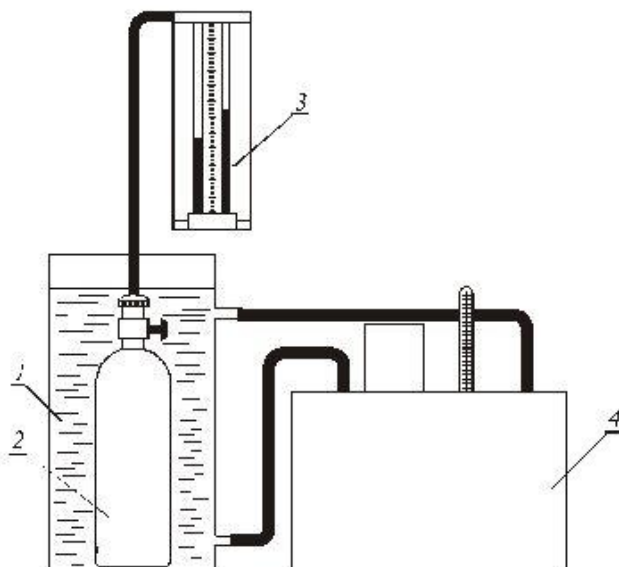


Рис. 3.3. Прибор для определения давления насыщенных паров стандартным методом

1 - водяная баня; 2 - бомба; 3 - ртутный манометр; 4 – термостат

Объемы воздушной и топливной камер проверяют перед проведением испытания. К верхней части воздушной камеры присоединяют гайку с краном, надевают на наконечник трубку и наливают в камеру воду до заполнения всей трубки. Затем свободный конец трубки зажимают и наливают воду до заполнения патрубков, соединяющего воздушную камеру с топливной. После этого замеряют объем залитой воды. Топливную камеру заполняют водой до нижнего края муфтового соединения, замеряют объем воды и вычисляют соотношения объемов камер.

Герметичность бомбы проверяют так: ее собирают, наполняют воздухом до давления 687 кПа и погружают в воду. Затем бомбу разбирают, воздушную камеру и резиновую трубку ополаскивают не менее 5 раз водой, подогретой до 30...40°C. Делают это для удаления паров топлива, оставшегося от предыдущего испытания.

Перед испытанием воздушную камеру снова ополаскивают водой, ставят в вертикальное положение, присоединяют гайку с краном и закрывают кран. Пробу испытуемого бензина и топливную камеру охлаждают до температуры 0...4°C.

В воздушную камеру вставляют термометр так, чтобы он входил в камеру на 3/4 своей длины и не касался стенок камеры. Топливную камеру ополаскивают 2...3 раза испытуемым бензином и при помощи приспособления для переливания пробы заполняют так, чтобы топливо переливалось через ее края. Измеряют исходную температуру воздуха в воздушной камере, соединяют воздушную и топливную камеры, надевают резиновую трубку на ртутный манометр.

При проведении испытаний собранный прибор опрокидывают, при этом находящийся в топливной камере бензин стекает в воздушную, и затем сильно встряхивают несколько раз в направлении, параллельном оси прибора. Далее аппарат возвращают в нормальное положение и погружают в водяную баню, кран при этом должен также находиться в воде. Температуру бани поддерживают 37,8°C. После погружения бомбы открывают кран и через 5 мин отмечают давление по ртутному манометру. После этого закрывают кран, вынимают бомбу из бани, опрокидывают ее, сильно встряхивают, снова погружают в баню и открывают кран. Так повторяют через каждые 2 мин, наблюдая за давлением. Примерно через 20 мин последовательные отсчеты по ртутному манометру становятся постоянными, тогда отмечают показания манометра,

как - не скорректированное давление насыщенных паров испытуемого бензина.



Рис. 3.4. Металлическая бомба

1 – топливная камера; 2 – резиновая прокладка; 3 – воздушная камера; 4 – рукоятка газового крана; 5 – ниппель (штуцер, для подсоединения резинового шланга)

Металлическая бомба состоит из топливной (1) (рис. 3.4) и воздушной (3) камер, которые соединяются при помощи резьбы. Между камерами находится резиновая прокладка (2). В верхней части воздушной камеры находится ниппель (5) с газовым краном (4).



Рис. 3.5. Металлическая бомба с ртутным манометром

Ртутный манометр выполнен в виде U - образной стеклянной трубки диаметром 5...8 мм и длиной 1600 мм, снабженной пластиной с диапазоном измерения от 800 до 800 мм и ценой деления 1 мм. Манометрическая трубка наполнена ртутью (жидкость серого

металлического цвета), на одно из ее ответвлений надета резиновая трубка с внутренним диаметром 3...6 мм, которую затем соединяют с воздушной камерой бомбы.



Рис. 3.6. Холодильник лабораторный



Рис. 3.7. Канистры с пробами испытуемого топлива



Рис. 3.8. Прибор для налива топлива, исключая испарение



Рис. 3.9. Канистра для отработанных образцов и воронка

4. Порядок выполнения работы

4.1. Порядок действий

1. Достаньте из шкафа канистру с испытуемым топливом, поставьте ее на стол рядом с вытяжным шкафом;

2. Снимите с колбы пробку, положите ее на стол. Открутите крышку с канистры и налейте топливо в колбу, закрутите крышку канистры. Канистру уберите в шкаф.

3. Поставьте колбу в холодильник. Закройте дверцу холодильника.

4. На панели управления включите водяную баню. Температура в бане изначально как и в комнате - 20°C .

При включении бани, температура начнет повышаться:

- ☐ значение min соответствует комнатной температуре;
- ☐ значение max соответствует 60 градусам Цельсия.

Скорость набора температуры постоянна и равна $5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, аналогично понижение температуры, если выключить баню.

5. Через 5 минут по таймеру достаньте колбу из холодильника, поставьте ее на стол. Открутите воздушную камеру от топливной камеры (металлическая бомба). Возьмите колбу в руки и примените ее к топливной камере, произойдет автоматический налив в топливную камеру испытуемого топлива. При наливке наливная трубка должна быть на расстоянии 15 мм от дна.

6. Поставьте колбу на стол. Закрутите воздушную камеру.

7. Наденьте шланг на ниппель металлической бомбы.

8. Переведите бомбу в горизонтальное положение и встряхните ее (движения в горизонтальной плоскости).

9. Поместите бомбу в баню, кран тоже должен находиться в воде. Подождите 5 минут. После этого откройте кран, значения на ртутном термометре должны измениться.

10. Закройте кран. Извлеките бомбу из бани и встряхните ее. Опустите бомбу опять в баню. подождите 2 мин и снова откройте кран, наблюдайте прирост давления. И так далее – в течении 8 «открываний».

11. Извлеките бомбу, отсоедините шланг. Раскрутите бомбу. Открутите крышку на канистре для слива отработанного топлива, слейте топливо через воронку. Крышку закрутите.

4.2. Обработка результатов

При подсчете давления насыщенных паров бензина в показания манометра вносят поправку на изменение давления воздуха и насыщенных паров воды в воздушной камере, вызванное различием между исходной температурой воздуха и температурой водяной бани.

Поправку (кПа) находят по формуле:

где $p_{атм}$ – атмосферное давление при проведении испытания, кПа;

$p_{наш}$ – давление насыщенных паров воды при исходной температуре воздуха, кПа;

$t_{исх}$ – исходная температура воздуха, °С;

$p_{наш, 37,8}$ – давление насыщенных паров воды при 37,8°С, кПа.

Поправку Δp вычитают из $p_{наш}$, если исходная температура воздуха ниже 37,8°С или прибавляют, если выше.

За давление насыщенных паров бензина принимают среднее арифметическое из результатов двух параллельных испытаний.

5. Отчет

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и задачи лабораторной работы.
3. Порядок проведения лабораторной работы (включая описание прибора для определения давления насыщенных паров).
4. Полученные в ходе лабораторной работы данные и результат их обработки (занесенные в таблицу 5.1).

Таблица 5.1

№ опыта	Давление насыщенного пара (не скорректированное)	Давление насыщенного пара (скорректированное)
1.		
2.		

5. Выводы по проведенному эксперименту.

6. Контрольные вопросы

1. Определение испаряемости.
2. Определение насыщенного пара.
3. Определение давления насыщенного пара.
4. Определение статического испарения.
5. Определение динамического испарения.
6. Определение насыщенного пара.
7. Из каких частей состоит металлическая бомба для определения давления насыщенного пара?
8. Какова должна быть температура бани при определении давления насыщенных паров?
9. Каков порядок определения давления насыщенных паров (кратко)?
10. Назовите формулу по определению поправок на изменение давления воздуха и насыщенных паров воды в воздушной камере.
11. Перечислите составляющие аппарата для определения давления насыщенных паров.
12. Что происходит при образовании паровых пробок в системе питания двигателя?
13. Что является основным фактором, влияющим на образование паровых пробок?
14. Какова должна быть величина давления насыщенных паров бензина?
15. Какими методами можно определять давление насыщенных паров бензина?
16. Каким образом можно определить герметичность бомбы?
17. При какой температуре должна храниться проба бензина?

Лабораторная работа № 4. Определение кинематической вязкости нефтепродуктов

1. Введение

Цель работы - определение кинематической вязкости нефтепродуктов.

2. Теория

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 1Н взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1 м², 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 мПа·с = 10⁻³ Па·с, а также сантипуаз (сП = мПа·с).

Динамическую вязкость находят как произведение кинематической вязкости жидкости и ее плотности при той же температуре по формуле:

(2.1)

Кинематическая вязкость - это отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре:

(2.2)

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.

В системе СИ единицей кинематической вязкости является м²/с. На практике применяется меньшая единица – мм²/с=10⁻⁶ м²/с, а также сантистокс (сСт=мм²/с).

Сущность определения кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема нефтепродукта через капилляр вискозиметра под действием собственной силы тяжести.

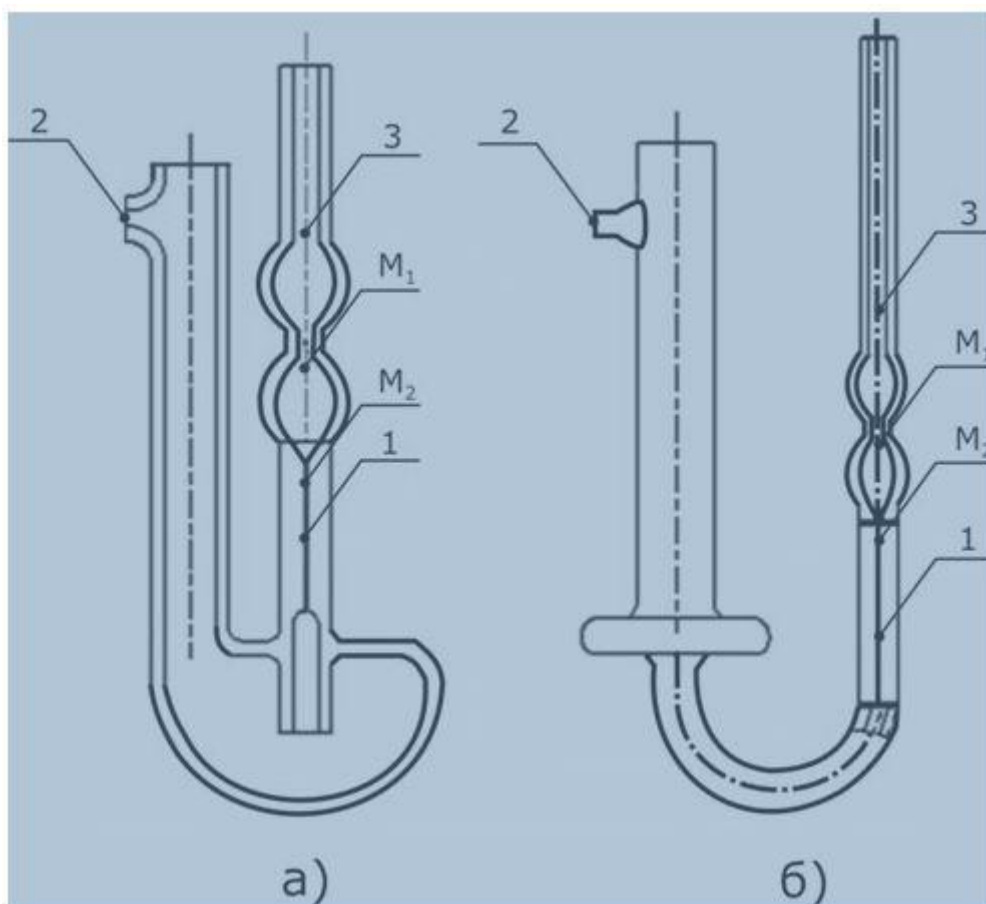


Рис. 2.1. Вискозиметры

а - вискозиметр ВПЖ-2; б - вискозиметр Пинкевича

1 - капилляр вискозиметра; 2 - отводная трубка; 3 - расширение вискозиметра

Для определения кинематической вязкости используются вискозиметры ВПЖ-1, ВПЖ-2, ВПЖ-4, ВПЖМ, ВНЖ, а также вискозиметры Пинкевича.

Вискозиметры ВПЖ-2 и Пинкевича (рис. 2.1) представляют собой стеклянную У-образную трубку, в одно колено которой впаян капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка M_1 , а внизу нижнего расширения - метка M_2 .

В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который надевается резиновая трубка при заполнении вискозиметра нефтепродуктом. В нижней части оба колена соединяются с помощью расширения, служащего резервуаром для стока испытуемого нефтепродукта.

Вискозиметры выпускаются с капиллярами различного диаметра. В набор вискозиметров ВПЖ-2 и ВПЖ-4 входят вискозиметры с диаметров капилляров от 0,34 до 5,1 мм. Набор вискозиметров Пинкевича состоит из вискозиметров с диаметром капилляров от 0,4 до 4 мм.

На расширениях вискозиметра указываются: тип стекла, дата изготовления, номер вискозиметра и диаметр капилляра. Каждый вискозиметр снабжен выпускным аттестатом, в котором указывается постоянная вискозиметра.

Для поддержания заданной температуры продукта при определении вязкости применяют термостат или термостатирующие устройства. В зависимости от температуры, при которой определяется кинематическая вязкость, термостат заполняют одной из следующих жидкостей при температуре:

- ☐ от -60°C до 0°C - спиртом этиловым или изооктаном;
- ☐ от 0° до 90°C - дистиллированной водой;

□ выше 90°C - глицерином или глицерином, разбавленным дистиллированной водой в соотношении 1:1, или светлым нефтяным маслом, или 25%-ным водным раствором азотнокислого аммония.

Для нагрева или охлаждения жидкостей используют нагревательные приборы, применяют лед, твердую углекислоту (сухой лед) или жидкий азот.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

Для определения кинематической вязкости испытуемого нефтепродукта подбирают вискозиметр с таким расчетом, чтобы время истечения через капилляр вискозиметра было не менее 200 с.

Делается это следующим образом: зная вязкость нефтепродукта по техническим условиям при температуре определения, делят ее на 200 и получают постоянную вискозиметра, по которой и подбирают вискозиметр с нужным диаметром капилляра.

Перед определением вязкости вискозиметр сначала тщательно промывают авиационным бензином Б-70, серным эфиром, дистиллированной водой или спиртом этиловым. Затем просушивают в сушильном шкафу и продувают чистым теплым воздухом. При сильном загрязнении вискозиметр промывают хромовой смесью.

При наличии в нефтепродукте воды его просушивают и фильтруют. В термостате устанавливают необходимую температуру, которую поддерживают во время определения, с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Температуру определяют с помощью лабораторного термометра, устанавливаемого таким образом, чтобы его ртутный шарик находился примерно на уровне середины капилляра вискозиметра.

Порядок отбора пробы испытуемого продукта вискозиметрами ВПЖ-2 и Пинкевича одинаков. Для этого испытуемый продукт наливают в стеклянный стаканчик или фарфоровый тигель и опускают в него конец колена вискозиметра с капилляром. Отверстие другого колена вискозиметра закрывают пробкой (пальцем), и через резиновую трубку, надетую на отводную стеклянную трубку, резиновой грушей засасывают испытуемый продукт в вискозиметр до метки M_2 . Во время засасывания продукта следят за тем, чтобы не образовывались пузырьки воздуха, разрывов и пленок.

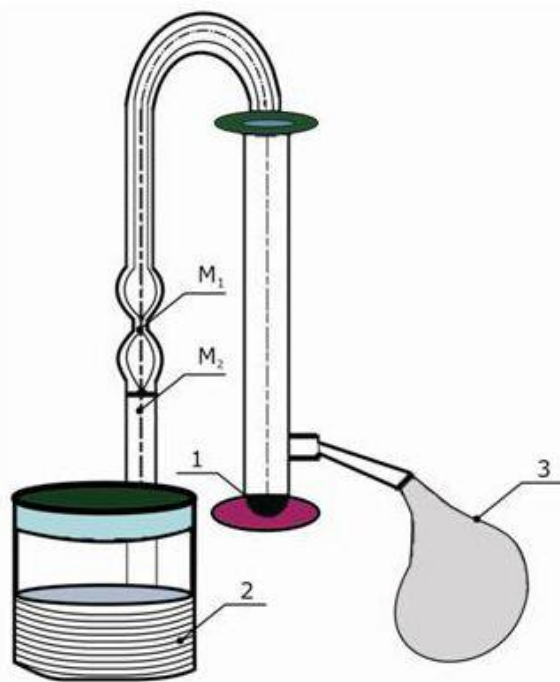


Рис. 3.3. Порядок отбора пробы

1 - пробка; 2 – испытуемый нефтепродукт; 3 - груша

После заполнения обоих расширений вискозиметра его вынимают из стаканчика или тигля с нефтепродуктом и быстро переворачивают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена избыток испытуемого нефтепродукта и надевают на него резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают так, чтобы его верхнее расширение было ниже уровня жидкости в термостате. Правильность установки вискозиметра проверяют отвесом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. После выдержки вискозиметра в термостате не менее 15 мин при заданной температуре ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) засасывают нефтепродукт в колено примерно до $1/3$ верхнего расширения. Термостатирующую жидкость во время определения перемешивают.

С помощью секундомера определяют время истечения испытуемого нефтепродукта от метки M_1 до метки M_2 , производя отсчеты при совмещении мениска нефтепродукта с указанными метками.

Определение времени истечения повторяют не менее четырех раз.

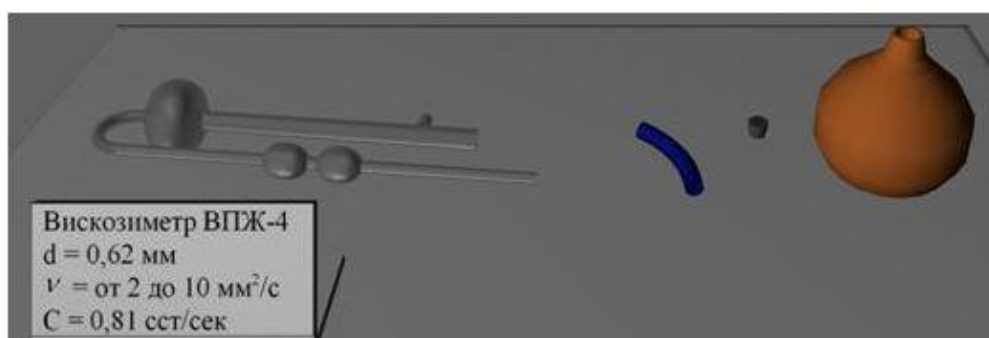


Рис. 3.3. Вискозиметр

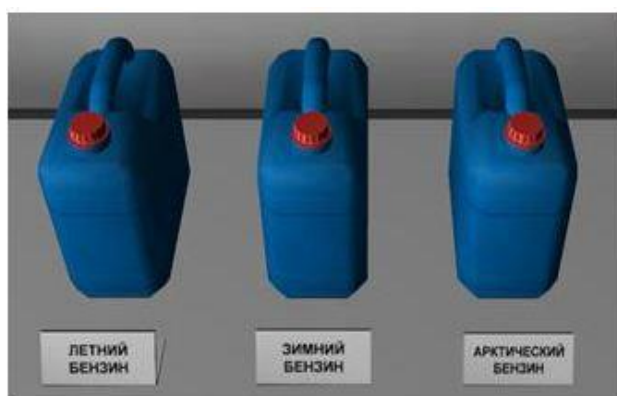


Рис. 3.4. Образцы топлива

4. Порядок выполнения работы

4.1. Порядок определения (рекомендованный)

1. Достаньте из шкафа канистру с испытуемым топливом, поставьте канистру на стол рядом с вытяжным шкафом.
2. Открутите крышку, положите ее на стол. Налейте топливо в стакан, примерно в половину.
3. Возьмите в руки резиновый шланг из шкафа. Шланг обмакните в стакан с топливом, для лучшего надевания шланга на вискозиметр.
4. Возьмите вискозиметр, - он появится висящим в воздухе над столом. Примените шланг к вискозиметру.
5. Примените грушу к шлангу в вискозиметре. Закройте пробкой отверстие слева смотрящее вверх, чтобы не было притока воздуха и создавался вакуум при наполнении прибора.
6. Собранный прибор примените к стакану. Процесс наполнения вискозиметра дизельным топливом пройдет автоматически. После налива вискозиметр автоматически перевернется и зависнет в воздухе перед пользователем.

7. Снимите пробку, грушу и шланг, и положите эти элементы на стол. Установите вискозиметр в штатив (примените его к штативу, он установится автоматически - закрутятся крепежные винты).
8. Когда верхняя грань топлива коснется точки M_1 , начнется отсчет установленного времени. Время процесса закончится, когда верхняя грань топлива коснется точки M_2 (рис. 3.3).
9. Далее слейте топливо обратно в стакан. Снимите вискозиметр; применив его к стакану. Из отверстия слева направленного вверх слейте топливо. Положите вискозиметр на стол или в шкаф.
10. Из стакана топливо слейте в канистру «Использованное топливо». Опыт можно повторять.
11. По полученным результатам найдите среднее арифметическое и сравните с ним все отсчеты. Во внимание принимаются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более чем на $\pm 0,5\%$. При расхождении результатов отсчетов на большее значение, измерения повторяют. Кинематическую вязкость () испытуемого нефтепродукта в сСт вычисляют по формуле:

$$(4.1)$$

где K - постоянная вискозиметра, сСт/сек (дается в паспорте вискозиметра);

$\bar{t}$ - среднее арифметическое времени истечения нефтепродукта в вискозиметре, сек.

Кинематическую вязкость нефтепродукта вычисляют с точностью до четвертой значащей цифры, например; 1,255; 16,48; 190,2; 1735.

Расхождения между параллельными определениями кинематической вязкости нефтепродуктов (в процентах) от среднего арифметического сравниваемых результатов не должны превышать следующей величины: при температуре определения от -60° до -30°C $\pm 2,5\%$; от -30° до $+15^\circ\text{C}$ $\pm 1,5\%$, от $+15^\circ$ до $+150^\circ\text{C}$ $\pm 1,2\%$.

По итогам определения делается вывод о пригодности к использованию данной марки дизельного топлива.

5. Отчет

Отчет должен включать в себя:

1. Название работы.
2. Цель, приборы и материалы.
3. Порядок определения, результаты определения.
4. Вывод.

Лабораторная работа № 5. Определение пенетрации консистентных смазок

1. Введение

Цели работы - определение пенетрации консистентных смазок.

2. Теория

Пенетрацией называют величину, показывающую, на какую глубину погружается в испытуемую смазку конус стандартного прибора за 5 сек. Число пенетрации численно равно глубине погружения конуса прибора, выраженной в десятых долях миллиметра. Пенетрация — показатель условный, не имеющий физического смысла, и не определяет поведение смазок в эксплуатации. В то же время, так как этот показатель быстро определяется, им пользуются в производственных условиях для оценки идентичности рецептуры и соблюдения технологии изготовления смазок.

Смазки по величине пенетрации разделяют на девять классов (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Классификация пластичных смазок по величине пенетрации

Пенетрация при 25°C	Индекс класса консистенции	Пенетрация при 25°C	Индекс класса консистенции
400—430	00	175—205	4
355—385	0	130—160	5
310—340	1	85—115	6
265—295	2	Ниже 70	7
220—250	3		

Пенетрация условно характеризует способность смазки сопротивляться выдавливанию из узла трения, а также определяет легкость подачи смазки в узел трения. Поэтому для зимнего периода эксплуатации берут смазки с большим значение пенетрации (250-350 единиц), чем для лета (150-250 единиц).

Число пенетрации характеризует густоту смазок. Чем выше число пенетрации, тем мягче смазка, и наоборот. Пенетрация определяется в приборе, называемом пенетрометром (рис. 3.3).

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

3.2.1. Подготовка к определению

Сущность определения пенетрации заключается в измерении при определенной температуре глубины проникновения в смазку стандартного конуса массой в 100 гр под действием собственного веса. Внутренняя чаша должна быть заполнена смазкой доверху. Поверхность смазки должна быть равномерно распределена по всей внутренней чаше и выровнена шпателем. Конус обязательно должен быть очищен от смазки, оставшейся после предыдущих опытов.

3.3. Порядок определения

Стрелка прибора на шкале (1) устанавливается на отметку «0» (рис. 3.3). Чаша прибора (4) вращением механизма (5) поднимается так, чтобы конус прибора (3) касался поверхности смазки.

Затем в течении 5 сек нажимается кнопка (2) и по шкале (1) определяется пенетрация испытуемой смазки.

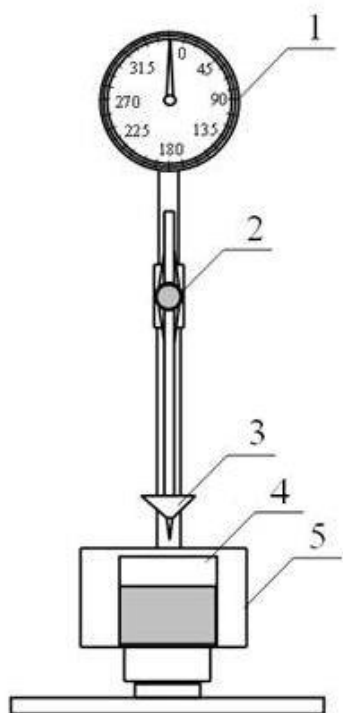


Рис. 3.3. Схема пенетрометра
 1 – шкала прибора; 2 – кнопка; 3 – конус прибора;
 4 – чаша со смазкой; 5 – механизм вращения чаши



Рис. 3.4. Пенетрометр

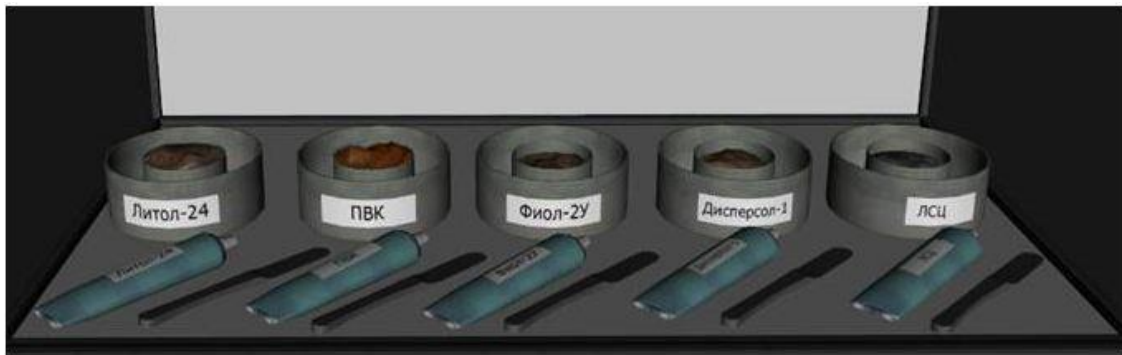


Рис. 3.5. Чаши, заполненные испытуемыми смазками

4. Порядок выполнения работы

1. Достаньте из шкафа чашу со смазкой, тубик с той же смазкой, шпатель для разравнивания и переместите их на стол.
2. Визуально убедитесь, что смазка полностью заполняет чашу. Если заполняет не полностью, то открутите колпачок с тубика, возьмите его в руки и примените к чаше. Далее разровняйте смазку шпателем, также применив его к чаше.
3. Установите чашу на прибор. Поворачивая чашу, выкрутите механизм поднятия чаши, до соприкосновения смазки с конусом.
4. Нажмите на кнопку. При этом в течение 5 секунд произойдет опускание конуса в смазку. Стрелка шкалы прибора покажет число пенетрации.
5. Затем поднимите конус за ось, связанную с ним, до показания шкалы «0». Скрутите чашу, поставьте ее на стол и при помощи шпателя разровняйте смазку и повторите с ней опыт не менее 4-х раз. Те же действия проведите с остальными смазками.

4.1. Обработка результатов

Измерений в данном опыте должно быть не менее 5. По полученным результатам найдите среднее арифметическое значение и сравните с ним все отсчеты. Во внимание принимаются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более чем на $\pm 3\%$. При расхождении результатов отсчетов на большее значение, измерения повторяют. Результаты измерений сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Результаты определения

№ опыта	Значение пенетрации	Среднеарифметическое значение пенетрации по результатам опытов	Пенетрация по ГОСТ

В итоге делается вывод о густоте исследуемой смазки, соответствии ее стандартным значениям и возможности применения в соответствующих узлах трения (см. приложения 1,2).

4.2. Приложение 1

Характеристики основных смазок, применяемых на автомобилях

Смазка	Цвет	Класс консис- тенции	Темп. интервал при- менения, °С	Кол- лоидная ста- бильность	Испа- ряемость	Водо- стойкость	Смазывающие св-ва	Взаимо- заменимость
--------	------	----------------------------	---	--------------------------------------	-------------------	--------------------	----------------------	------------------------

Солидол С	От светло-до темно-коричневого	2	-20-65	5	3	4	3	Литол-24
Пресс-солидол	То же	1	-30-50	4	3	4	2	Фиол-1
Графитная	Черный с серебристым оттенком	2	-20-60	5	4	3	4	ЛСЦ-15 ШРУС-4
ЦИАТИМ-201	От желтого до светло-коричневого	2	-60-90	1	2	3	2	Фиол-1
1-13	От светло-до темно-желтого	3	-20-100	2	3	1	3	Литол-24
Литол-24	Коричневый	3	-40-120	4	4	4	3	ЛСЦ-15
ФИОЛ-1	Коричневый	1	-40-120	2	3	4	3	Литол-24
ЛСЦ-15	Белый	2	-40-130	3	4	4	3	Литол-24
ШРБ-4	От коричневого до темно-коричневого	2	-40-130	4	4	4	4	ШРУС-4 Литол-24
ШРУС-4	Серебристо-черный	2	-40-120	4	4	5	5	ШРУС-4 Литол-24
ВТВ-1	Белый	2	-40-40	5	3	5	2	ЛСЦ-15
Униол-1	Коричневый	2	-30-150	5	5	4	4	ШРБ-4 ШРУС-4
№ 158	Синий	2	-30-100	3	5	2	3	ШРУС-4

4.3. Приложение 2

Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
1-13 (ТУ 38.5901257-90) Заменитель: Литол-24	Разнообразные подшипники качения, реже — скольжения; подшипники электродвигателей, ступиц колес устаревших автомобилей и т.п.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгирует и растворяется в ней. Работоспособная при $t = -20...+110^{\circ}\text{C}$	Смесь нефтяных масел низкой и средней вязкости, загущенная натриевым мылом жирных кислот касторового масла; содержит немного кальциевого мыла тех же жирных кислот
№158 (ТУ 38 УССР 101320-77) Заменители: ШРУС-4, Фиол-2У	Подшипники качения автотракторного оборудования, игольчатые подшипники карданных шарниров, непостоянной угловой скорости	Хорошие антиокислительная и механическая стабильности, противоизносные характеристики, водостойкость — удовлетворительная. Работоспособна при	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное натриевым мылом кислот саломаса, хлопкового, касторового и канифоли

		$t = -30...+110^{\circ}\text{C}$	
АМ-карданная (ТУ 38.5901302-91) Заменители: ШРУС-4, Литол-24	Шарниры карданов постоянной угловой скорости ведущих мостов автомобилей	Вымывается из узлов трения, низкая механическая стабильность. Работоспособна при температуре $10...+100^{\circ}\text{C}$	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное натриевым мылом кислот саломаса, хлопкового, касторового и канифоли
Графитная (ГОСТ 3333-80) Заменители: Солидол С, Солидол Ж или Литол-24 с добавлением 10% графита	Узлы трения скольжения тяжело нагруженных тихоходных механизмов; рессоры, подвески тракторов и машин, открытые зубчатые передачи, опоры буровых долот и т.п.	Работоспособна при $t = -20...+70^{\circ}\text{C}$; допускается к применению при температуре ниже -20°C в рессорах и аналогичных устройствах	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом с добавлением 10% графита
Дисперсол-1 (ТУ 38 УССР 201144-72)	Механизмы стеклоподъемников, замки, двери и другие детали автомобилей	Гигроскопична. Работоспособна при $t = -40...+100^{\circ}\text{C}$	Нефтяное масло, загущенное комплексным кальциевым мылом стеариновым 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот и церезином; содержит уайт-спирит
ДТ-1 (ТУ 38 УССР 201116-76)	Сборка деталей систем гидроприводов автомобилей, работающих в контакте с резиновыми изделиями	Не вызывает набухания резиновых изделий, высокие противоизносные и противозадирные свойства, растворима в воде. Работоспособна при $t = -30...+110^{\circ}\text{C}$	Касторовое масло, загущенное натриевым мылом кислот касторового масла; содержит графит и другие антифрикционные добавки
Зимол (ТУ 38 УССР 201285-82) Заменители: Литол (до 1000°C), ЦИАТИМ-201 (до 900°C)	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особым холодным климатом	Высокая механическая и химическая стабильности, водостойкость, хорошие противоизносные и защитные свойства; всесезонная. Работоспособна при $t = -50...+130^{\circ}\text{C}$	Средневязкое высокоиндексное низкотемпературное нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку
Консталин (ГОСТ 1957-73) Заменители:	Узлы трения вентиляторов литейных машин, доменных и цементных печей,	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгирует и растворяется в ней.	Цилиндровое масло, загущенное натриевыми мылами жирных кислот

Литол-24, Литол-459/5, 1-13	подшипников качения на ж/д транспорте и др.	Работоспособна при $t = -20...+110^{\circ}\text{C}$	касторового масла
КСБ (ТУ 38.101 1144-88) УССР 201115-76)	Контакты электрического переключателя указателя поворота автомобилей	Токопроводящая, предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи, обеспечивает полный ресурс работы узлов трения. Работоспособна при $t = -30...+110^{\circ}\text{C}$	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом стеариновой кислоты и кислот саломаса; содержит антиокислительную и противоизносную присадки, медную пудру и другие добавки
ЛЗ-31(ТУ 38.101 1144-88) Заменители: Литол-24	Подшипники качения закрытого типа на весь срок службы	Хорошая антиокислительная стабильность и антикоррозионные свойства, низкая испаряемость, высокие противоизносные свойства, при контакте с водой дисперсионная среда гидролизует. Работоспособна при $-40...+120^{\circ}\text{C}$	Сложный эфир, загущенный стеаратом лития; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки
ЛЗ-ПЖЛ-00 (ТУ 0254-3 12-001488220-96)	Шарнир равных угловых скоростей промежуточного вала автомобиля ВАЗ-2 1213	Обеспечивает работоспособность ШРУС в течение всего срока службы автомобиля. Работоспособна при $t = -40...+120^{\circ}\text{C}$	Нефт. масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты; содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную присадки и дисульфид молибдена
Литин-2 (ТУ 0254-311-00148820-96) Заменитель: Литол-24	Игольчатые подшипники карданных шарниров и других узлов автомобилей	Высокие трибологические и адгезионные свойства. Работоспособна при $t = -40...+120^{\circ}\text{C}$	Мин. масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты и аэросилом; содержит антиокислительную, противоизносные, противозадирную, адгезионную и противокоррозионную присадки

Лабораторная работа № 6. Определение плотности жидкости

1. Определение плотности жидкости. Введение.

Цель - определение плотности жидкости и исследование зависимости .

2. Теория

Плотностью вещества называется масса вещества, содержащаяся в единице объема. В системе СИ плотность выражается в кг/м^3 . За единицу плотности принимается масса 1м^3 дистиллированной воды при температуре $+4^\circ\text{C}$.

В практической работе часто пользуются относительной плотностью вещества ρ_r отношение массы нефти или нефтепродукта к массе чистой воды при 4°C , взятой в том же объеме. Относительная плотность ρ_r величина безразмерная. Поскольку плотность зависит от температуры, а нефтепродукты и вода имеют разные коэффициенты расширения, то необходимо при определении плотности указывать температуры воды и нефтепродукта, при которых проводилось определение. В нашей стране относительную плотность нефти и нефтепродуктов определяют при температуре 20°C и относят к плотности воды при 4°C . Относительную плотность принято обозначать через ρ_r . На практике очень часто приходится определять плотность при температуре, отличающейся от 20°C . Чтобы получить сравнимые результаты, проводят пересчет плотности в по формуле:

$$\rho_t = \rho_{20} [1 - \alpha (20 - t)] \quad (2.1)$$

где ρ_t — относительная плотность при температуре испытания, кг/м^3 ;

α — средняя температурная поправка плотности на 1°C (см. приложение 1);

t — температура, при которой проводится определение, $^\circ\text{C}$.

Эта формула показывает, что плотность нефти и нефтепродуктов уменьшается с повышением температуры и увеличивается с ее понижением. Однако результат пересчета плотности по формуле получается правильным только в том случае, когда определение плотности жидкости проводится при температуре не ниже 0°C и не выше 50°C .

2.1. Определение плотности прибором

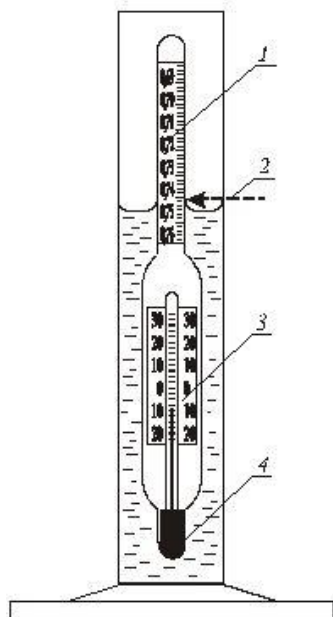


Рис. 2.1. Отсчет плотности по шкале нефтенсимиетра

1 - шкала плотности; 2 - линия отсчета; 3 - термометр; 4 - груз

Применение ареометров (нефтенсимиетров) основано на законе Архимеда, согласно которому на тела, погруженные в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу вытесняемой жидкости в объеме погруженной части тела. Иногда в среднюю часть ареометра впаивают термометр, ртутный шарик которого одновременно является и грузом. За счет груза и симметричной формы нефтенсимиетр всегда находится в жидкости в вертикальном положении. Ареометры выпускаются с ценой деления шкалы от 0,0005 до 0,005, с термометрами и без термометров.

Вес нефтенсимиетров подбирается таким образом, чтобы при погружении в испытуемые жидкости они не тонули и не всплывали бы выше той части, где нанесена градуировочная шкала плотности. Таким образом, по закону Архимеда, плавающая в жидкости, нефтенсимиетр будет погружаться на большую глубину в более легкой жидкости и на меньшую $\square$ в более тяжелой. В равновесном состоянии по верхнему краю мениска отсчитывают по шкале плотность жидкости.

2.2. Методика определения плотности

В стеклянный цилиндр, диаметр которого в 2 и более раз больше диаметра поплавка нефтенсимиетра, осторожно по стенке или по стеклянной палочке наливают испытуемый нефтепродукт, причем в таком количестве, чтобы при погружении в него нефтенсимиетра уровень жидкости не поднялся выше края цилиндра. Чистый и сухой прибор берут за верхний конец и осторожно помещают в жидкость. После того как нефтенсимиетр установится и прекратятся его колебания, производят отсчет по верхнему краю мениска. Одновременно с этим отмечают температуру нефтепродукта. Если плотность определяют не при 20 $\square$ C, а при какой-нибудь другой температуре, то полученную так называемую видимую плотность пересчитывают по формуле (2.1) в $\square$. При этом значение температурной поправки для нефтепродуктов берут из Приложения 1.

В очень вязкие нефтепродукты $\square$ более 200 мм²/с при 50 $\square$ C $\square$ нефтенсимиетр не погружается. Предварительное нагревание нефтепродукта более 40 $\square$ C не дает должного эффекта, т.к. погрешность при вычислении действительной плотности по формуле (2.1) может превысить допускаемую. Поэтому перед определением плотности очень вязкие нефтепродукты предварительно разбавляют равным объемом тракторного или

осветительного керосина. Плотность разбавителя должна быть определена тем же нефтенденсиметром.

Принимая, что плотность испытуемого вязкого продукта и разбавителя подчиняются правилу аддитивности, т.е. плотность смеси равна среднему

арифметическому из плотности компонентов: , находим по формуле:

(2.2)

При отсутствии нефтенденсиметра плотность нефтепродукта может быть измерена с помощью пикнометра следующим образом. В хорошо промытую колбу емкостью 25 мл, предварительно взвешенную на аналитических весах, через воронку наливается испытуемый нефтепродукт до метки М2. Затем заполненная нефтепродуктом колба снова взвешивается на аналитических весах. Разность двух взвешиваний колбы (пустой и заполненной) позволяет определить массу нефтепродукта, заключенного в ней. Температура испытуемого нефтепродукта измеряется с помощью ртутного или спиртового термометра. Плотность нефтепродукта при измеренной температуре будет равна:

(2.3)

где

- масса пустой колбы, грамм;
- масса заполненной нефтепродуктом колбы, грамм;
- коэффициент пересчета;
- емкость колбы, мл.

Пересчет полученной плотности на температуру 20□С производится по формуле (2.1).

2.3. Приложение

Приложение 1

Средние температурные поправки для нефтепродуктов

Относительная плотность	Температурная поправка на 1°С	Относительная плотность	Температурная поправка на 1°С
1	2	3	4
0,6900...0,6999	0,000910	0,8500...0,8599	0,000699
0,7000...0,7099	0,000897	0,8600...0,8699	0,000686
0,7100...0,7199	0,000884	0,8700...0,8799	0,000673
0,7200...0,7299	0,000870	0,8800...0,8899	0,000660
0,7300...0,7399	0,000857	0,8900...0,8999	0,000647
0,7400...0,7499	0,000844	0,9000...0,9099	0,000633
0,7500...0,7599	0,000831	0,9100...0,9199	0,000620
0,7600...0,7699	0,000818	0,9200...0,9299	0,000607
0,7700...0,7799	0,000808	0,9300...0,9399	0,000594
0,7800...0,7899	0,000792	0,9400...0,9499	0,000581
0,7900...0,7999	0,000778	0,9500...0,9599	0,000567
0,8000...0,8099	0,000765	0,9600...0,9699	0,000554
0,8100...0,8199	0,000752	0,9700...0,9799	0,000541

0,8200...0,8299	0,000738	0,9800...0,9899	0,000528
0,8300...0,8399	0,000725	0,9900...0,9999	0,000515
0,8400...0,8499	0,000712		

3. Оборудование

3.2. Оборудование в лабораторной работе



Рис. 3.3. Стеклоянная колба, нефтенденсиметр, мультитчасы



Рис. 3.4. Комплект денсиметров



Рис. 3.5. Образцы испытываемого топлива



Рис. 3.6. Канистра для отработанного топлива и воронка

4. Порядок выполнения работы

1. Достаньте канистру из шкафа, поставьте на стол. Открутите крышку и налейте топливо в стеклянную колбу ($0,7 \text{ дм}^3$). Закрутите крышку, уберите канистру в шкаф.

2. Возьмите денсиметр, соответствующий плотности топлива из шкафа, кликом СКМ на стол вытяжного шкафа извлеките его из чехла. Примените денсиметр к колбе с топливом. Он медленно опустится в топливо. Дождитесь прекращения колебаний. Снимите показания.

3. Извлеките денсиметр, уберите его в шкаф. Слейте топливо в канистру для отработанного материала. Поставьте колбу на стол. Закрутите крышку канистры с отработанным материалом.

4. Повторите эксперимент с остальными образцами топлива.

5. Отчет

5.1. Форма отчета

Отчет должен содержать:

1. ФИО исполнителя, группа.
2. Название лабораторной работы.
3. Цель лабораторной работы.
4. Описание оборудования.
4. Порядок проведения лабораторной работы.
5. Полученные в ходе лабораторной работы результаты.
6. Выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое плотность вещества?
2. От каких параметров зависит плотность и какова их зависимость?
3. В каком случае можно воспользоваться законом аддитивности при определении плотности нефтепродукта?
4. Что характеризует коэффициент температурного расширения жидкости?

Лабораторная работа № 7. Определение плотности нефтепродуктов

1. Введение

Цель - приобретение навыков определения плотности нефтепродуктов.

Задачи:

1. Изучить зависимость плотности нефтепродукта от марки нефтепродукта.
2. Изучить принцип определения плотности нефтепродуктов.
3. Провести исследования.
4. Подготовить выводы по результатам исследований.
5. Подготовить отчет и защитить его.

2. Теория

2.1. Общие сведения

Различают абсолютную и относительную плотность вещества.

Абсолютная плотность вещества - это масса, содержащаяся в единице объема. В системе СИ размерность плотности - $\text{кг}/\text{м}^3$. За единицу плотности принимают массу 1 м^3 дистиллированной воды при температуре 4°C.

Относительная плотность вещества - отношение его массы к массе дистиллированной воды при 1°C, взятой в том же объеме. Относительная плотность - величина безразмерная.

Нефтепродукты и вода имеют неодинаковые коэффициенты расширения. В связи с этим необходимо при определении плотности указывать температуры нефтепродукта и воды, при которых проводилось определение. В РФ относительную плотность нефтепродуктов определяют при температуре 20°C. Плотность нефтепродукта может быть замерена при любой температуре, однако результат приводят к температуре 20°C.

В соответствии с действующим стандартом плотность нефтепродукта обозначается

. Здесь цифра 20 указывает, что плотность нефтепродукта относят к нормальной температуре 20°C, а цифра 4 обозначает, что плотность нефтепродукта относят к плотности воды при 4°C, принятой за единицу.

Относительная плотность автомобильных бензинов колеблется в пределах 0,69...0,75, дизельного топлива - 0,82...0,86, а абсолютная плотность этих видов топлива в системе СИ соответственно 690...750 и 820...860 $\text{кг}/\text{м}^3$.

В стандартах на топливо плотность не нормируется, однако определять ее по ГОСТу обязательно. Это необходимо для учета расхода и движения нефтепродуктов на нефтескладах и заправочных станциях, так как приход фиксируют в единицах массы (кг, т), а расход при заправке тракторов и автомобилей учитывается в единицах объема (л). Поэтому для пересчета топлива из единиц массы в единицы объема и обратно нужно знать плотность получаемых и отпускаемых нефтепродуктов.

2.2. Подготовка к определению

Плотность нефтепродуктов определяют с помощью ареометров (нефтеденсиметров), гидростатических весов Вестфала и пикнометров. В практике работы нефтескладов обычно используют нефтеденсиметры.

Нефтеденсиметр представляет собой стеклянный пустотелый поплавок, внизу которого находится балласт, а сверху - тонкая трубка со шкалой. Некоторые нефтеденсиметры снабжены внутренним термометром. На рис. 2.1 показан прибор для определения плотности нефтепродуктов.

2.3. Порядок определения

В стеклянный цилиндр осторожно наливают испытуемый нефтепродукт, температура которого может отклоняться от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 5^\circ\text{C}$.

Чистый и сухой нефтенсисиметр медленно и осторожно опускают в нефтепродукт, держа его за верхний конец. Во избежание повреждения нефтенсисиметр вводят до дна цилиндра или до погружения всей шкалы, а затем убирают руку.

После того как нефтенсисиметр установится, и прекратятся его колебания, снимают показания по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска (рис. 2.1, линия отчета – 2), а нефтенсисиметр не должен касаться стенок цилиндра.

Одновременно с отсчетом показания по шкале нефтсденсиметра устанавливают температуру нефтепродукта по внутреннему или дополнительному термометру, вводя его в нефтепродукт рядом с нефтенсисиметром.

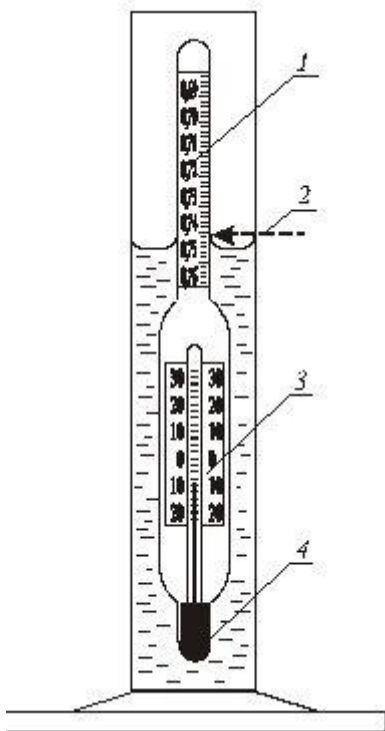


Рис. 2.1. Отсчет плотности по шкале нефтенсисиметра

1 - шкала плотности; 2 - линия отчета; 3 - термометр; 4 - груз

При отсчете по шкале нефтенсисиметра получают плотность нефтепродукта при температуре испытания. Значением этой плотности пользуются для определения объемного количества нефтепродукта (или для обратного пересчета).

2.4. Обработка результатов

Замеренную плотность приводят к плотности при нормальной температуре по формуле:

где ρ_t - плотность испытуемого нефтепродукта при температуре испытания;
 ρ_{20} - средняя температурная поправка плотности (таблица 2.1);
 t - температура испытания, °C.

Эта формула была предложена Д.И. Менделеевым. Она показывает, что плотность нефтепродуктов уменьшается с повышением температуры и увеличивается с ее понижением.

Таблица 2.1

Средние температурные поправки для нефтепродуктов

Относительная плотность	Температурная поправка на 1°C	Относительная плотность	Температурная поправка на 1°C
----------------------------	-------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------

1	2	3	4
0,6900...0,6999	0,000910	0,8500...0,8599	0,000699
0,7000...0,7099	0,000897	0,8600...0,8699	0,000686
0,7100...0,7199	0,000884	0,8700...0,8799	0,000673
0,7200...0,7299	0,000870	0,8800...0,8899	0,000660
0,7300...0,7399	0,000857	0,8900...0,8999	0,000647
0,7400...0,7499	0,000844	0,9000...0,9099	0,000633
0,7500...0,7599	0,000831	0,9100...0,9199	0,000620
0,7600...0,7699	0,000818	0,9200...0,9299	0,000607
0,7700...0,7799	0,000808	0,9300...0,9399	0,000594
0,7800...0,7899	0,000792	0,9400...0,9499	0,000581
0,7900...0,7999	0,000778	0,9500...0,9599	0,000567
0,8000...0,8099	0,000765	0,9600...0,9699	0,000554
0,8100...0,8199	0,000752	0,9700...0,9799	0,000541
0,8200...0,8299	0,000738	0,9800...0,9899	0,000528
0,8300...0,8399	0,000725	0,9900...0,9999	0,000515
0,8400...0,8499	0,000712		

2.5. Определение плотности вязких нефтепродуктов

Смазочные масла обладают высокой вязкостью, что не позволяет непосредственно измерить их плотность с помощью нефтенсимиетра. Поэтому вязкие нефтепродукты разбавляют керосином (1:1) известной плотности.

С помощью нефтенсимиетра определяют плотность приготовленной смеси. Плотность ρ испытуемого вязкого нефтепродукта вычисляется по формуле:

,

где $\rho_{см}$ - плотность смеси;

$\rho_{к}$ - плотность разбавителя (керосина).

3. Оборудование

3.2. Оборудование для проведения лабораторной работы



Рис. 3.3. Канистры с образцами топлива

(плотность: бензин - 0,69-0,75; дизельное топливо - 0,821-0,86; реактивное топливо - 0,751-0,82)



Рис. 3.4. Стекланный цилиндр, нефтеденсиметр, мультичасы

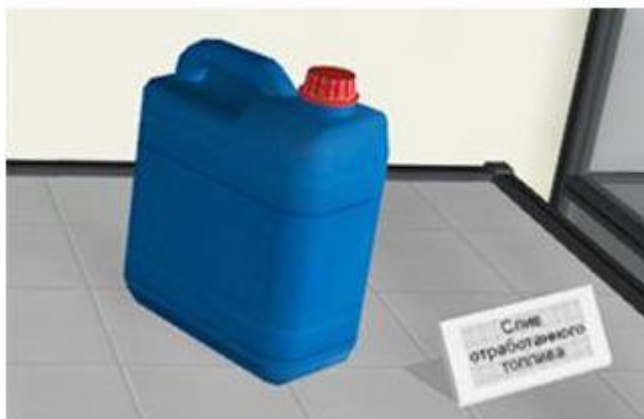


Рис. 3.5. Канистра для отработанного топлива

4. Порядок выполнения работы

1. Достаньте канистру из шкафа, поставьте на стол. Открутите крышку и налейте топливо в стеклянную колбу (0,7 дм³). Закрутите крышку, уберите канистру в шкаф.
2. Возьмите в руки нефтеденсиметр и примените его к колбе с топливом. Нефтеденсиметр медленно опускается в топливо. Дождитесь прекращения колебаний. Снимите показания.
3. Извлеките нефтеденсиметр, положите его на стол. Слейте топливо в канистру для отработанного материала. Поставьте колбу на стол. Закрутите крышку канистры.
4. Повторите эксперимент с остальными образцами.

5. Отчет

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и задачи лабораторной работы.
3. Порядок проведения лабораторной работы (включая описание прибора для определения плотности нефтепродуктов).
4. Полученные в ходе лабораторной работы данные и результат их обработки (занесенные в таблицу).

№ опыта	Плотность нефтепродукта
1.	
2.	

3.	
----	--

5. Выводы по проведенному эксперименту.

6. Контрольные вопросы

1. Дайте определение абсолютной плотности.
2. Дайте определение относительной плотности.
3. Назовите стандартную температуру для определения плотности нефтепродуктов.
4. Назовите единицу измерения абсолютной плотности в системе СИ.
5. Назовите единицу измерения относительной плотности в системе СИ.
6. Какие шкалы имеет ареометр (нефтеденсиметр)?
7. Опишите порядок определения плотности нефтепродуктов.
8. Опишите порядок определения плотности вязких нефтепродуктов.
9. Назовите формулу для перевода плотности нефтепродукта к плотности измеренной при нормальных условиях (формула Д. И. Менделеева).

Лабораторная работа № 8. Определение температур помутнения и застывания дизельного топлива

1. Введение

Цель работы - определение температур помутнения и застывания дизельного топлива.

2. Теория

Одна из самых 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 помутнения должна быть выше температуры застывания на 5-10°C.

Сущность определения температуры помутнения заключается в глубоком охлаждении нефтепродукта до потери им подвижности и визуальном наблюдении за изменением его состояния.

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°C. 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°C ниже температуры окружающего воздуха.

Сущность определения температуры застывания заключается в глубоком охлаждении нефтепродукта до потери им подвижности и в визуальном наблюдении изменения положения мениска испытуемого нефтепродукта.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

Для этого опыта применяют стеклянные пробирки с двойными стенками (рис. 3.3, а). Охлаждают пробирки с испытуемым топливом в термостатирующем устройстве - сосуде емкостью не менее двух литров. Стенки сосуда должны иметь тепловую изоляцию. Сосуд закрывают крышкой. Охладительную смесь в сосуде и испытуемый продукт перемешивают ручной или механической мешалкой.

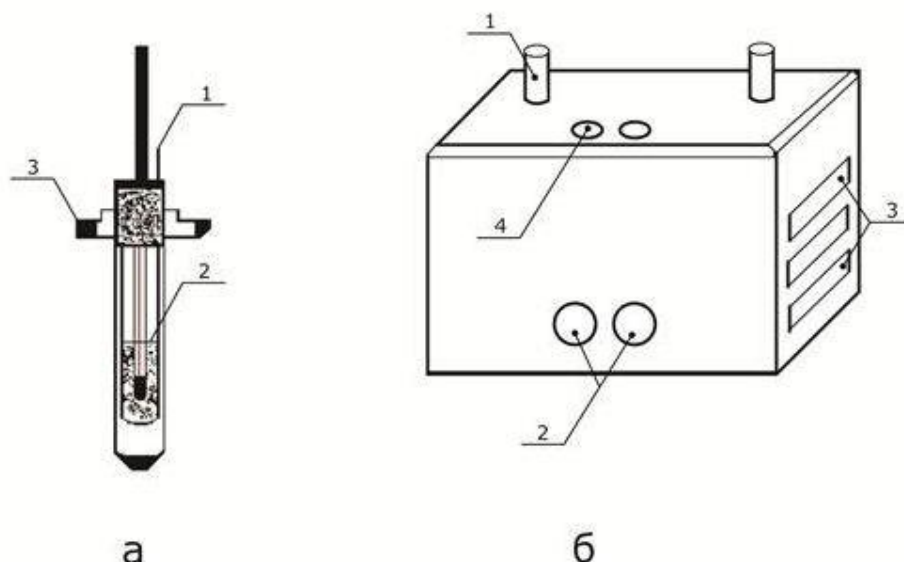


Рис. 3.3. Прибор для определения температуры помутнения дизельного топлива

а – пробирка-муфта с пробиркой для испытуемого топлива

(1 - мешалка; 2 - метка; 3 – термометр)

б - общий вид прибора

(1 - лампа; 2 - смотровые окна; 3 - щели для вентиляции;

4 - отверстие для пробирок)

Для наблюдения за состоянием охлаждаемого топлива применяют прибор с зеркальным отражением света (рис. 3.2, б).

Для охлаждения применяют: при температуре до -20°C – соль поваренную с мелкоистолченным льдом или снегом; при температуре ниже -20°C – спирт денатурированный или спирт-сырец, твердую углекислоту (сухой лед), жидкий азот или жидкий воздух.

3.3. Порядок определения

3.3.1. Определение температуры помутнения

Испытуемое топливо, нагретое до $+18...20^{\circ}\text{C}$, тщательно перемешивают, заливают в две пробирки с двойными стенками до кольцевой метки 2 (рис. 3.3, а). Если боковые отростки пробирки не запаяны, то в ее наружную часть для предупреждения появления росы на стенках наливают 0,5...1 см 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 диоксида углерода. Сосуд снабжен тепловой изоляцией, в его крышке находятся отверстия для пробирки, термометра и подачи твердого диоксида.

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 (1) (рис. 3.2, б), при закрытой крышке они располагаются в крайних отсеках. В крышке выполнено отверстия (4) 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 матовыми 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. Термометр устанавливают так, чтобы спиртовой шарик находился на расстоянии 15 мм от дна и на равном расстоянии от стенок пробирки.

Уровень охлаждающей смеси в сосуде должен быть на 30 – 40 мм выше уровня испытуемого топлива в пробирке.

Температура охлаждающей смеси понижается постепенным добавлением к ней углекислоты с таким расчетом, чтобы температура смеси все время была на 15°C ниже температуры топлива.

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 ее 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 сосуд с охлаждающей смесью; далее наблюдения проводят через каждый 1°C до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона.

3.3.2. Определение температуры застывания

Прибор для определения температуры застывания показан на рис. 3.3, а. Испытуемое топливо заливают в пробирку и помещают в стеклянную пробирку-муфту. Сверху пробирку-муфту закрывают пробкой. Прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью. При проведении опыта дизельное топливо перемешивают мешалкой (1), температуру измеряют термометром (3).

Применяют следующие охлаждающие смеси:

□ для получения температур от 0 до -20°C в сосуд засыпают попеременно слой поваренной соли и слой снега или измельченного до 3 см льда. На одну часть соли берут две части снега или льда;

для получения температур ниже 20°C в сосуд со слоем изоляции или термос наливают этиловый спирт на 1/3 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 газовой выделения 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 заливают 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°C выше предполагаемой температуры застывания дизельного топлива, через каждые 3°C вынимают пробирку из пробирки-муфты и наблюдают за подвижностью 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.



Рис. 3.4. Прибор с зеркальным отражением света и термостат (прибор для охлаждения топлива)

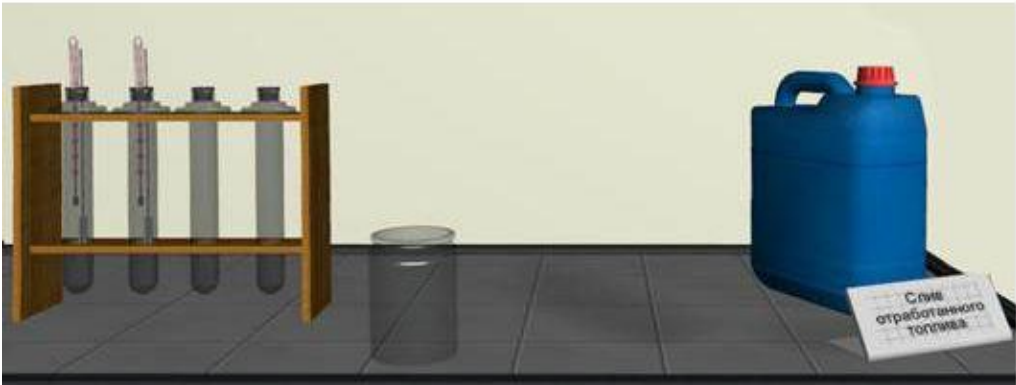


Рис. 3.5. Вспомогательное оборудование



Рис. 3.6. Канистры с испытуемым топливом

3.4. Приложение
 Характеристики дизельного топлива (ГОСТ 305-82)

Показатели	Норма для марок		
	Л	З	А
Температура застывания, 0С, не выше, для климатической зоны: умеренной	-10	-35	-

холодной	-	-45	-55
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-5	-25	-
холодной	-	-35	-

4. Порядок выполнения работы

4.1. Порядок действий (рекомендованный)

1. Достаньте канистру с образцом топлива из шкафа, переместите ее на стол. Открутите пробку канистры, перелейте часть топлива в прозрачную емкость. Закройте канистру, верните ее на место.

2. Снимите пробки с пробирок, налейте топливо из емкости в две пробирки до меток (уровень определится автоматически).

3. Одну пробирку закройте пробкой с термометром и мешалкой. Откройте крышку отверстия под пробирку в термостате, установите пробирку в термостат.

4. Включите термостат, на табло выводится текущая температура в термостате. При включенном термостате и вставленной пробирке автоматически подключится механическая мешалка (100 об/мин).

5. При достижении температуры помутнения жидкость белеет и становится менее прозрачной, течет медленнее, чем в обычном состоянии. При достижении температуры застывания жидкость совсем не прозрачна и не течет.

6. При проверке на помутнение пробирку вынимают из термостата и помещают в прибор с зеркальным отражением света; во второе отверстие помещают не замерзшую пробирку с аналогичным видом топлива и смотрят изменения.

7. При проверке на замерзание пробирку вынимают из термостата и кладут на стол. Если топливо перетекает, значит, он не замерзло; если не перетекает - замерзло.

4.1.1. Примечание:

☐ охлаждение топлива в термостате происходит со скоростью 5 гр/мин; нагрев топлива в комнате - со скоростью 5 гр/мин;

☐ замерзшее топливо невозможно слить в канистру для слива топлива, поэтому ее помещают в штатив для пробирок для оттаивания;

☐ арктическое топливо не мутнеет, а сразу замерзает.

Температуру помутнения испытуемого дизельного топлива фиксируют в тот момент, когда топливо становится мутным. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

Таблица 4.1

Результаты определения

Результаты определения			
Показатель	Значение		
Опытные данные			
	Опыт № 1	Опыт № 2	Среднее значение
1. Температура помутнения ДТ t пом., °С			
2. Температура застывания ДТ t заст., °С			
Данные по ГОСТ			
1. Температура помутнения ДТ t пом., ГОСТ, °С			
2. Температура застывания ДТ t заст.,			

ГОСТ, °С	
----------	--

Затем студентом делается вывод о соответствии температуры помутнения испытуемого дизельного топлива стандартам и возможность применения испытуемого образца.

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

Также делается вывод о соответствии температуры застывания испытуемого дизельного топлива стандартами и пригодности образца к применению.

5. Отчет

Отчет должен включать в себя:

1. Название работы.
2. Цель.
3. Приборы и материалы (рисунок).
4. Порядок определения.
5. Результаты определения.
6. Вывод.

6. Контрольные вопросы

1. Чем характеризуются низкотемпературные свойства ДТ?
2. Что характеризуют низкотемпературные свойства ДТ?
3. Как содержание парафиновых углеводородов связано с температурой помутнения?
4. Дать определение температуры помутнения.
5. Дать определение температуры застывания.
6. Сущность определения температуры помутнения.
7. Сущность определения температуры застывания.
8. Назовите приборы, необходимые для определения температур помутнения и застывания.
9. Опишите приборы, необходимые для определения температур помутнения и застывания.
10. Для каких целей при определении температур помутнения и застывания используется две пробирки с ДТ?
11. Какие вещества применяют для охлаждения ДТ?
12. Перечислите виды ДТ, применяемые в России.
13. Какова температура помутнения и застывания летнего и зимнего ДТ?
14. Как определить текучесть дизельного топлива?

Лабораторная работа № 9. Определение температуры вспышки в закрытом тигле

1. Введение

Цель лабораторной работы - изучение принципа определения температуры вспышки топлива.

2. Теория

Определение температуры вспышки используют для оценки качества нефтепродуктов и для классификации производства, помещений и установок по степени пожарной опасности.

Температура вспышки - это минимальная температура, при которой пары топлива, нагреваемые в закрытом тигле, образуют с окружающим воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени. Температура вспышки характеризует огнеопасность нефтепродукта при его транспортировании, хранении и заправке. Температура вспышки в закрытом тигле должна быть для дизельного топлива летнего не ниже 40°C, зимнего - не ниже 35°C и арктического - не ниже 30°C. Чем выше температура вспышки, тем меньше пожарная опасность топлива.

Сущность метода заключается в определении самой низкой температуры топлива, при которой в условиях испытания над его поверхностью образуется смесь паров с воздухом, которая вспыхивает при поднесении пламени, но не способна к дальнейшему горению.

Если испытуемый нефтепродукт содержит более 0,05% воды, его обезвоживают. Тигель прибора промывают бензином Б-70 и тщательно высушивают. Испытуемый нефтепродукт и тигель должны иметь температуру не менее чем на 20°C ниже предполагаемой температуры вспышки.

Нефтепродукт наливают в тигель до метки, закрывают крышкой, вставляют термометр и помещают тигель в нагревательную баню. При анализе нефтепродуктов с температурой вспышки до 50° С нагревательная баня должна быть предварительно охлаждена до комнатной температуры (20±5°C).

Прибор помещают в таком месте, где нет заметного движения воздуха и где свет настолько затемнен, что вспышка хорошо видна. Для лучшей защиты от движения воздуха и влияния света прибор окружают щитом из листовой кровельной стали, окрашенным с внутренней стороны черной краской. Перед определением записывают барометрическое давление.

3. Оборудование и инструменты

3.2. Установка

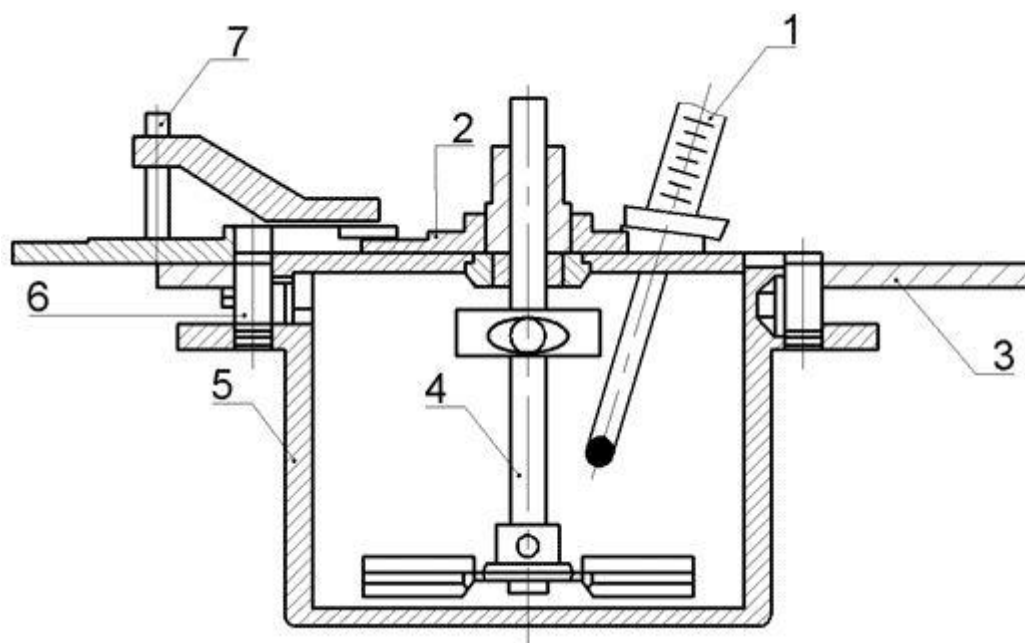


Рис. 3.3. Аппарат для определения температуры вспышки
1 - термометр; 2 - заслонка; 3 - крышка - переходная муфта термометра; 4 - мешалка;
5 - тигель; 6 - штифт крышки; 7 - пружинный механизм

Аппарат для определения температуры вспышки нефтепродуктов в закрытом тигле показан на рис. 3.3. Тигель 5, крышка 3, заслонки 2 и мешалки 4 аппарата изготовлены из латуни. На крышке расположен пружинный механизм 7 перемещения заслонки и термометр 4. В комплект аппарата входят воздушная баня. Тигель из гнезда бани вынимают с помощью ухвата. На внутренней стороне тигля выполнен круговой уступ, указывающий уровень испытуемого дизельного топлива. Три отверстия трапециевидальной формы в крышке закрывают заслонкой 2. При вращении заслонки рукояткой отверстие открывается, к нему подносится лучина. В первоначальное положение заслонка возвращается под действием принудительного механизма, расположенного в рукоятке перемещения заслонки. Дизельное топливо перемешивается мешалкой с лопастями, приводимой во вращение механическим приводом от руки испытателя; частота вращения мешалки 90..120 мин⁻¹. Аппарат снабжен регулятором скорости нагревания.

Электрическое питание аппарата происходит от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц; мощность, потребляемая аппаратом, не более 1000 Вт.

Для контроля вспышки дизельного топлива используют стеклянный термометр типа ТН-1 №1 со шкалой от 0°C до +170 °C.

3.3. Приложение 1

Характеристики дизельного топлива (ГОСТ 305-82)

Показатели	Норма для марок		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °C, не выше	280	280	255
90% перегоняется при температуре (конец перегонки) °C, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20°C, мм ² /с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура застывания, 0C, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-10	-35	-
холодной	-	-45	-55

Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны: умеренной холодной	-5 -	-25 -35	- -
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже: для тепловозных, судовых дизелей и газовых турбин для дизелей общего назначения	62 40	40 35	35 30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: вида I вида II	0,20 0,50	0,20 0,50	0,20 0,40
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мгКОН/100 см ³ топлива, не более	5	5	5
Плотность при 20°С, кг/м ³ , не более	860	840	830

Примечание. Для топлив марок Л, З, А: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды отсутствие, испытание на медной пластинке - выдерживают.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Подготовка к исследованиям

1. Откройте шкаф и возьмите одну из канистр с топливом. Топливо для дизелей общего назначения (приложение 1).



Рис. 4.1. Канистры с различными видами топлива

2. Часть выбранного топлива залейте в тигель.



Рис. 4.2. Тигель



Рис. 4.3. Взятие образца топлива

3. Поместите канистру с топливом обратно в шкаф.

4. Вставьте тигель в аппарат для определения температуры вспышки



Рис. 4.4. Аппарат для определения температуры вспышки

5. Закройте тигель крышкой.

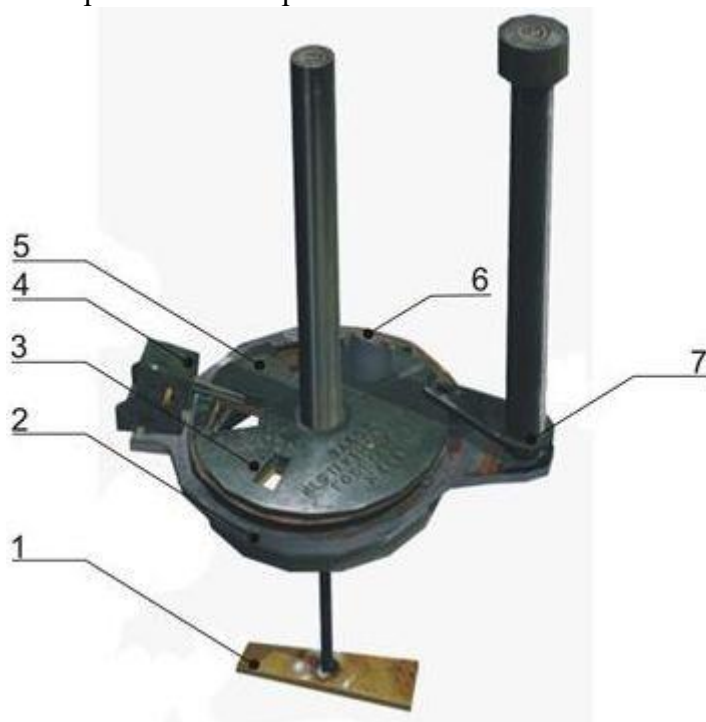


Рис. 4.5. Крышка тигля

- 1 - мешалка; 2 - корпус; 3 - заслонка; 4 - газовая горелка;
5 - отверстие для подвода газа; 6 - отверстие для термометра;
7 - пружинный механизм
6. Подключите газовый шланг к отверстию на крышке тигля.
7. Укрепите на крышке стеклянный термометр.

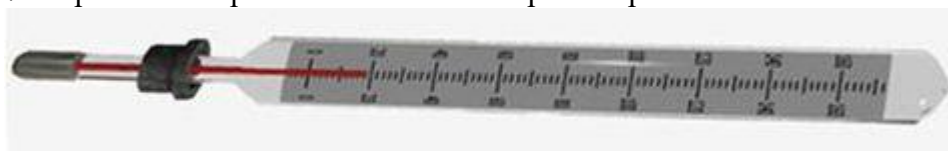


Рис. 4.6. Стеклянный термометр (ТН-1 №1)



Рис. 4.7. Аппарат для определения температуры вспышки в собранном состоянии

8. Переведите тумблер в положение "ВКЛ"; регулятор подачи газа - в положение "ОТКРЫТ"; тумблер запальника - на максимум. Можете приступить к исследованиям.

4.2. Исследование нефтепродуктов

1. Нефтепродукт в собранном приборе нагревают следующим образом: при анализе нефтепродуктов с температурой вспышки до 50°C температуру повышают регулятором нагрева со скоростью 1°C в 1 мин при непрерывном перемешивании с начала и до конца определения. При анализе нефтепродуктов с температурой вспышки от 50°C до 150°C начальный нагрев ведут со скоростью 5-8°C, а при анализе нефтепродуктов с температурой вспышки выше 150°C - со скоростью 10-12°C в 1 мин при периодическом перемешивании.

Когда нефтепродукт нагревается до температуры на 20°C ниже предполагаемой температуры вспышки, нагрев ведут так, чтобы температура повышалась на 1°C в 1 мин.

При температуре на 10°C ниже ожидаемой температуры вспышки начинают проводить испытание на вспышку через 1°C для нефтепродуктов с температурой вспышки до 50°C и через 2°C - для нефтепродуктов с температурой вспышки выше 50°C. При этом нефтепродукт непрерывно перемешивают вращением мешалки (в этой лабораторной работе данное действие происходит автоматически через гибкую передачу от аппарата). Только в момент испытания на вспышку перемешивание прекращают. Поворотом пружинного рычага открывают окно крышки тигля, и подносят зажженную лучину к отверстию (в этой лабораторной работе данное действие происходит автоматически от постоянно горящей газовой горелки, окно крышки тигля открывается пользователем с помощью пружинного механизма). Окно крышки открывают на 1 сек. Если вспышка не произошла, то продукт вновь перемешивают, повторяя операцию через 1-2°C.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над поверхностью нефтепродукта. Расхождение между параллельными определениями температуры вспышки в закрытом тигле не должны превышать следующих величин: при температуре вспышки до 50°C ± 1°C; при температуре вспышки выше 50°C ± 2°C.

2. Температура нагревания отражается в верхнем углу монитора. Температурный момент вспышки зафиксируйте в таблице 5.1.

3. Выключите прибор тумблером в положение «ВЫКЛ», регулятор нагрева переведите в нулевое положение (в данной лабораторной работе подача газа и запальник отключатся автоматически).

4. Разберите прибор в обратной последовательности.

5. Откройте крышку канистры для отработанного топлива. Слейте топливо, закройте крышку.



Рис. 4.8. Канистра для отработанного топлива

6. Приступайте к следующим исследованиям в той же последовательности, указанной в подразделе 4.1.

4.3. Обработка результатов

При давлении выше или ниже 101,325 кПа (760 мм рт. ст.) вводят поправку на стандартное давление. Ее определяют по формуле:

$$\text{или} \quad (4.1)$$

где p и p_0 — фактическое барометрическое давление, соответственно кПа и мм рт. ст.

Можно также воспользоваться поправками, приведенными в табл.4.1.

Температуру вспышки с поправкой вычисляют алгебраическим сложением найденной температуры и поправки. За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух последовательных определений.

$$(4.2)$$

где $T_{\text{всп}}$ — температура воспламенения испытуемого ДТ;
 ΔT — поправка на барометрическое давление.

По окончании вычислений делается вывод о пригодности к применению данного образца топлива и о характере работы двигателя на этом топливе.

Таблица 4.1

Поправка на барометрическое давление

Давление, кПа	Давление, мм рт. ст.	Температурная поправка, °C
84,8...88,4	636...663	+4
88,5...92,1	664...691	+3
92,2...95,7	692...718	+2
95,8...99,4	719...746	+1
103,2...106,8	774...801	-1

5. Отчет

Отчет должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель лабораторной работы (студент должен сформулировать самостоятельно).
3. Приборы и материалы (рисунок, название и описание).
4. Порядок выполнения работы.

Таблица 5.1

Результаты испытания

№ опыта	Температура вспышки	Поправка на барометрическое давление	Температура вспышки с поправкой на барометрическое давление	Температура вспышки по ГОСТ

6. Контрольные вопросы

1. Назначение определения температуры вспышки.
2. Что такое температура вспышки топлива?
3. Что характеризует температура вспышки нефтепродукта?
4. Какая температура вспышки в закрытом тигле характерна для дизельного топлива?
5. В чем заключается сущность метода определения температуры вспышки топлива?

Лабораторная работа № 10. Определение температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле

1. m Введение

Цель – определение огнеопасности моторных масел

Задачи:

- ☐ определить температуру вспышки и воспламенения в открытом тигле;
- ☐ определить примерное содержание бензина в масле в %.

2. Теория

При нагревании моторные масла испаряются. Пары масла, смешиваясь с воздухом, образуют взрывчатую смесь.

Температура вспышки - это минимальная температура, при которой пары масла, нагретого в специальном приборе (рис. 3.3), образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся от постороннего источника огня.

Температура воспламенения - это такая температура нагретого масла, при которой оно загорается самопроизвольно.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность нефтепродукта. По температуре вспышки можно судить о характере углеводородов, входящих в состав масла, а также о наличии примеси топлива в нем. В присутствии топлива значительно снижается температура вспышки масел: при попадании в масло 1% бензина вспышка снижается с 200 до 170°C, а наличие в масле 6% бензина - снижает ее почти в два раза. Вследствие этого увеличивается расход смазочного масла.

На температуру вспышки оказывают влияние давление и влажность воздуха. С повышением атмосферного давления температура вспышки несколько увеличивается, а с возрастанием влажности воздуха - снижается. Смесь паров масла с воздухом воспламеняется при определенной минимальной концентрации паров в воздухе, которая соответствует нижнему пределу взрываемости.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

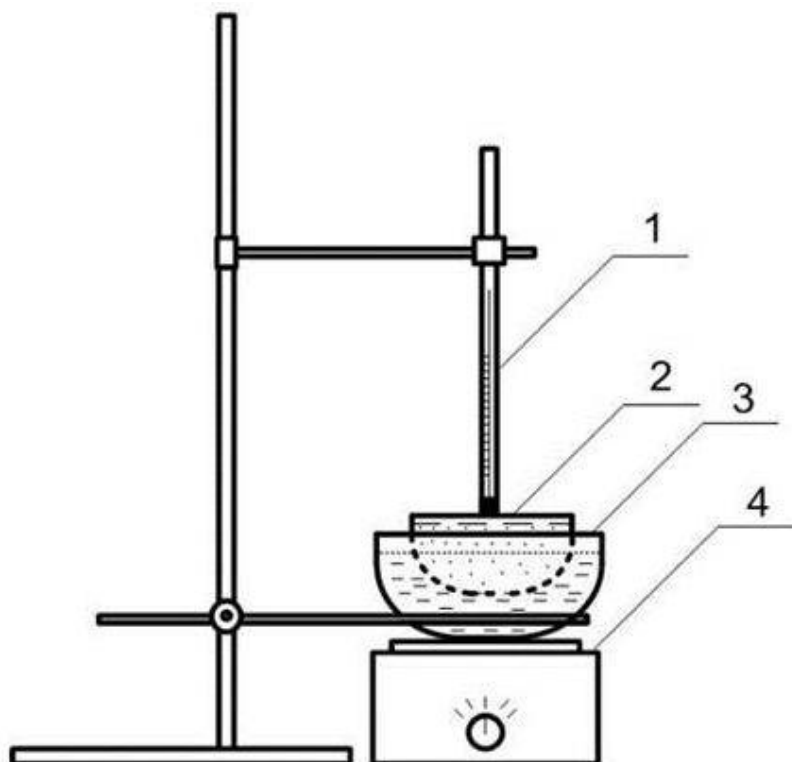


Рис. 3.3. Определение температуры вспышки в открытом тигле

1 – термометр; 2 – внутренний тигель; 3 – наружный тигель;

4 – электрическая плитка.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Стартовое положение:

В закрытом шкафу находятся семь канистр с различными маслами (рис. 4.1). Каждой канистре соответствует своя табличка с обозначением марки масла.



Рис. 4.1. Канистры с маслами

На столе находится ящик с песком (1) и ложка для засыпания песка в тигель (2) (рис. 4.2). Также на столе находятся два пустых тигля: больший (внешний) для песка (3) и меньший (внутренний) для масла (5), воронка (4) и канистра для отработанного топлива (6).

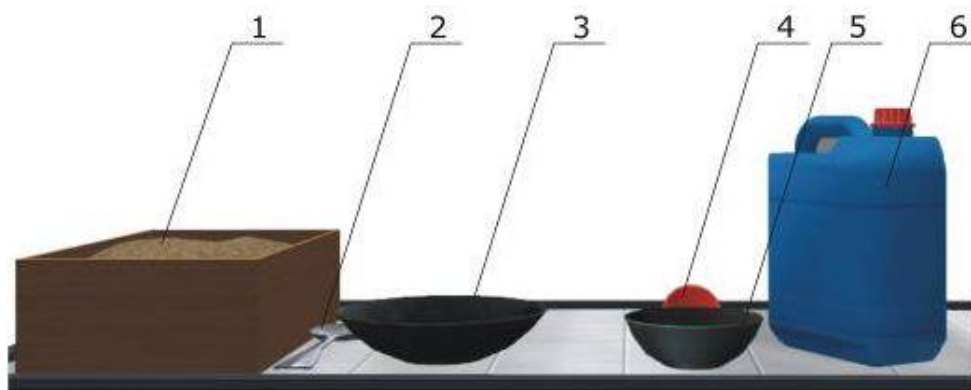


Рис. 4.2. Дополнительное оборудование

В вытяжном шкафу (рис. 4.3) находятся: плитка электрическая (2); термометр, градуированный от 0 до 400С° (5); шаблон для измерения уровня масла (4); штатив для удержания термометра в подвешенном состоянии (3); спички для поджига масла (1).

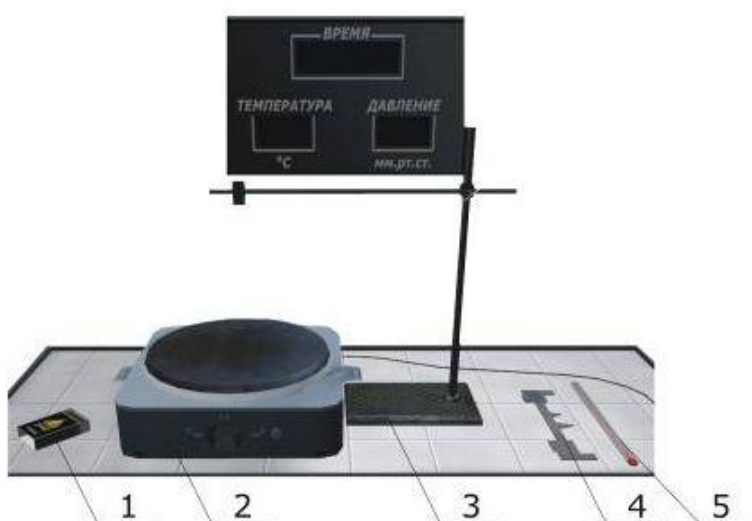


Рис. 4.3. Оборудование вытяжного шкафа

4.2. Порядок проведения:

1. При помощи ложки пересыпьте песок в больший тигель. Под меньшим тиглем должен быть слой песка толщиной 5-8 мм (объем пересыпанного песка – 8 ложек). Положите ложку на место.

2. Возьмите канистру из шкафа. Откройте крышку канистры.

3. Налейте масло в меньший тигель. Наливайте медленно, в любой момент налив можно остановить, поставьте канистру на стол. Закрутите крышку канистры, уберите ее в шкаф.

4. Затем можете применить шаблон уровня к меньшему тиглю. Уровень масла со вспышкой до 210°С должен быть на 12 мм ниже верхнего уровня (маленький треугольник на шаблоне); со вспышкой свыше 210°С на 18 мм ниже верхнего уровня (большой треугольник на шаблоне).



Рис. 4.1. Измерение уровня масла шаблоном

5. Установите тигель с песком на плитку, на него расположите тигель с маслом.

6. Закрепите термометр на штативе.

7. Включите плитку, для чего поверните рукоятку в положение 1 или 2. Положение 1 соответствует нагреву со скоростью $4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$; положение 2 - со скоростью $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

8. Наружный тигель прибора нагревают так, чтобы испытуемый нефтепродукт нагревался со скоростью 10°C в минуту, а за 40°C до ожидаемой температуры вспышки - со скоростью 4°C в минуту.

За 10°C до ожидаемой температуры вспышки через каждые 2°C подъема температуры медленно проводят пламенем зажигательного приспособления (спичками) по краю тигля на расстоянии 12 мм от уровня жидкости. Длина пламени должна быть 3-4 мм, а длительность каждого испытания не более 2-3 сек. Моментом вспышки считается появление пламени над всей поверхностью нефтепродукта. В случае появления неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой через 2°C .

Если после установления температуры вспышки требуется установить температуру воспламенения испытуемого нефтепродукта, то продолжают нагревать наружный тигель так, чтобы температура нефтепродукта повышалась со скоростью 4°C в минуту. Повторяют испытание пламенем зажигательного приспособления через каждые 2°C подъема температуры нефтепродукта.

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 сек.

Если температура масла равна или больше температуры вспышки, то масло вспыхивает на 5 секунд и потом тухнет. Если температура масла меньше, вспышки не происходит (через 2 секунды при необходимости можно брать новую спичку);

9. Определив температуру вспышки (при необходимости и воспламенения), необходимо охладить масло. Выключите плиту и дождитесь остужения до температуры ниже 50°C .

10. Открутите крышку на канистре для слива. Установите сливную воронку на канистру и слейте масло из тигля. Уберите воронку и закрутите крышку. Ссыпьте песок обратно в ящик.

11. Опыт с каждым видом масла проводится дважды.

12. Результаты измерения заносятся в таблицу.

4.3. Обработка результатов

Расхождения между двумя параллельными определениями при температуре вспышки до 150°C не должны превышать 4°C , а при температуре вспышки свыше 150°C – 6°C . Расхождения между двумя параллельными определениями температуры воспламенения не должны превышать 6°C .

Показатели	Марка моторного масла		Среднее значение по результатам двух опытов	Значение температуры вспышки по ГОСТ
	Опыт №1	Опыт № 2		

$t_{всп}, ^\circ\text{C}$				
$t_{воспл}, ^\circ\text{C}$				

По окончании работы студентом делается вывод о соответствии температуры вспышки испытуемого моторного масла значениям ГОСТ (приложение 1, 2), огнеопасности и пригодности его к применению.

4.4. Приложение 1

Таблица 4.1

Характеристики масел групп Г₁, В и В₁

Показатели	М- 6 _з /12Г ₁	М5 ₂ /10 Г ₁	М-4 _з /6В ₁	М-8В	М- 6 _з /10В
Температура, $^\circ\text{C}$: вспышки в открытом тигле, не ниже	210	200	165	207	190

4.5. Приложение 2

Таблица 4.2

Характеристики масел группы Г₂ для автотракторных и транспортных двигателей

Показатели	М- 8Г ₂	М- 10 Г ₂	М- 8Г _{2к}	М- 10Г _{2к}	М- 14Г _{2к}	М- 8Г _{2У}	М10 Г _{2У}
Темп., $^\circ\text{C}$, вспышки в открытом тигле, не ниже	20 0	2 05	21 0	220	21 5	2 10	225

5. Контрольные вопросы

1. Что образует взрывчатую смесь?
2. Дать определение температуры вспышки?
3. Дать определение температуры воспламенения?
4. Какие показатели характеризуют огнеопасность нефтепродукта?
5. О каких параметрах можно судить по температуре вспышки масла?
6. На сколько градусов изменяется температура вспышки при попадании в масло 1% бензина?
7. Какие параметры оказывают влияние на температуру вспышки масла?
8. Что можно определить по нижнему пределу взрываемости?
9. С какой скоростью производится нагрев образца масла?
10. Какова должна быть толщина песка под меньшим тиглем?
11. Сколько масла требуется налить в тигель?
12. Как определить температуру вспышки?
13. Что принимают за температуру воспламенения?
14. Перечислите составляющие прибора для определения температуры вспышки?

6. Отчет

Отчет должен содержать:

1. Цель лабораторной работы.
2. Задачи лабораторной работы.
3. Приборы и материалы (зарисовать прибор и перечислить марки испытуемых образцов масла).
4. Ход работы (перечислить основные этапы проведения лабораторной работы).
5. Результаты измерений (таблица).
6. Вывод.

Лабораторная работа № 11. Определение температуры замерзания и содержания гликоля в охлаждающих низкотемпературных жидкостях

1. Введение

Цели работы - определение температуры замерзания и содержания гликоля в охлаждающих низкотемпературных жидкостях

2. Теория

Низкотемпературные охлаждающие жидкости (антифризы) широко используются в системах охлаждения двигателей. Для автотракторных двигателей применяют этиленгликолевые антифризы. Этиленгликоль $C_2H_4(OH)_2$ - двухатомный спирт, представляет собой ядовитую жидкость без цвета и запаха, хорошо смешивается с водой в любых соотношениях, плотность при 20°C составляет 1113 кг/м³, замерзает при -11,5°C. Однако при смешивании этиленгликоля с водой температура застывания смеси ниже, чем каждого из компонентов (рис. 2.1). При смешивании этиленгликоля с водой в различных соотношениях можно получить смеси, замерзающие от 0 до -70...75°C.

Применяется также низкотемпературная охлаждающая жидкость Тосол. Выпускают три марки этой жидкости: Тосол А-40, Тосол А-65 и Тосол А. Все они окрашены в голубой цвет. Тосол применяют круглогодично. В него добавляют антикоррозионные и антипенные присадки.

Тосол А представляет собой концентрат, при разбавлении которого на 50% дистиллированной водой получают антифриз с температурой кристаллизации -35°C. При соответствующем разбавлении концентрата дистиллированной водой получают Тосол А-40 с температурой замерзания - 40°C и Тосол А-65 с температурой замерзания -65°C.

Марку тосола можно определить по его плотности при 20°C, которая для Тосола А составляет 1120...1140 кг/м³, для Тосола А-40 - 1075...1085, для Тосола А-65 - 1085...1095 кг/м³.

Этиленгликолевые охлаждающие жидкости - сильные яды, поэтому с ними следует работать осторожно.



Рис. 2.1. Кривая кристаллизации водоетиленгликолевых смесей

Этиленгликоли обладают коррозионными свойствами, поэтому в низкотемпературные охлаждающие жидкости вводят противокоррозионные присадки (декстрин, диэтилфосфат, молибденовокислый натрий).

Как уже говорилось, температура замерзания охлаждающих низкотемпературных жидкостей зависит от процентного содержания в них этиленгликоля (пропиленгликоля) и

воды. В процессе работы двигателей, заправленных охлаждающей низкозамерзающей жидкостью, процентный состав компонентов, входящих в ее состав, может изменяться, а значит, изменяется и температура замерзания охлаждающей жидкости.

3. Оборудование

3.2. Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы

3.2.1. Порядок определения

Имеется несколько способов определения состава и температуры замерзания охлаждающих низкозамерзающих жидкостей: перегонкой, по плотности, по коэффициенту преломления и гидрометром. Мы рассматриваем два способа: с помощью гидрометра и по плотности.

Нефтеденсиметр представляет собой стеклянную колбу, в верхней части которой находится шкала (шкала – бумага, с нанесенными метками), градуированная от 1,00 до 1,20 (без обозначения размерности). В середине шкала термометра (так же бумага, но более плотная, не свернутая в трубочку, в виде плоскости) градуированная от -30 до 30 (без обозначения размерности). Стеклянная трубка термометра уходит в нижнюю часть нефтеденсиметра и упирается в дно сферой, наполненной подкрашенным спиртом (красный цвет). Чуть выше спиртового шарика находится утяжелитель, представляющий собой песчаные камешки (мелкая песчаная галька);

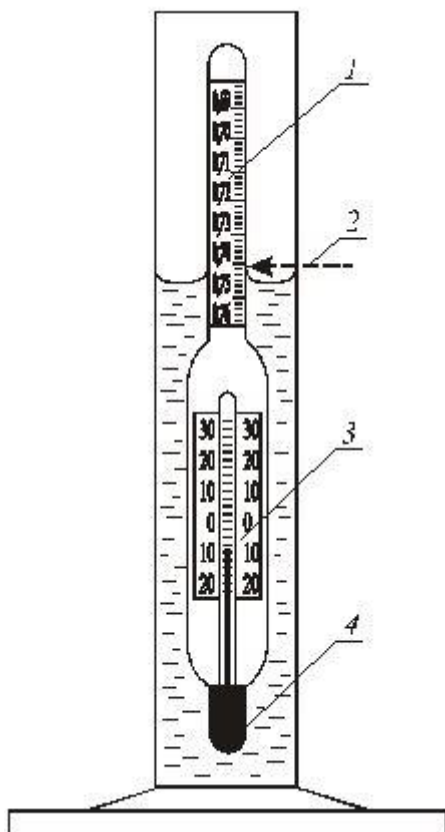


Рис.3.3. Нефтеденсиметр, опущенный в сосуд

1 - шкала плотности; 2 - линия отсчета; 3 - термометр;
4 – груз (песчаные камешки)



Рис. 3.4. Нефтеденсиметр в сосуде

Гидрометр (рис. 3.5) представляет собой денсиметр, у которого вместо шкалы плотности есть две шкалы: шкала «Гликоль в объемных долях, %» показывает процентное содержание этиленгликоля в охлаждающей низкотемпературной жидкости в интервале от 20 до 100%; шкала «Температура замерзания в °C» - температуру замерзания жидкости от -8° до -67°C. Гидрометр снабжен термометром.

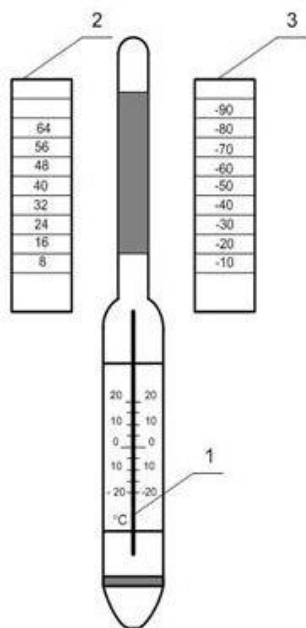


Рис. 3.5. Гидрометр:

- 1 - температура исследуемой жидкости;
- 2 - гликоль в объемных долях, %;
- 3 - температура замерзания в °C

В мерный цилиндр емкостью 250 мл наливают испытуемую жидкость с таким расчетом, чтобы гидрометр при погружении в жидкость плавал, а жидкость не переливалась через край цилиндра.

Чистый сухой гидрометр осторожно опускают в жидкость, держа за верхний конец. Рекомендуется испытуемую жидкость предварительно подогреть до 20°C. Выдерживают гидрометр в течение 3-5 мин, с тем чтобы он принял температуру жидкости. Отсчет ведут по верхнему мениску жидкости. При отсчете глаз лаборанта должен находиться на уровне мениска. По одной шкале определяют процентный состав, по другой - температуру замерзания охлаждающей низкотемпературной жидкости. По термометру гидрометра определяют температуру жидкости. Гидрометр градуирован при температуре 20°C. Если определение проводилось при другой температуре, то в показания гидрометра вносят поправку (табл. 2).

Для перевода показаний гидрометра при температуре определения к показаниям при 20°C в первой графе табл. 2 находят температуру, при которой велось определение. По горизонтальной строке находят показания гидрометра при температуре определения; в том же столбце, но в строке, соответствующей температуре 20°C, получают значение истинного содержания этиленгликоля в жидкости.

Так, например, при температуре 0°C показания гидрометра: 48%. Истинное содержание этиленгликоля в охлаждающей низкотемпературной жидкости будет равно 41%. Найдя истинный состав охлаждающей низкотемпературной жидкости по табл. 2, определяют с помощью шкал гидрометра, какой температуре замерзания соответствует найденный состав жидкости.

Температуру замерзания и содержание этиленгликоля (пропилен гликоля) в охлаждающей низкотемпературной жидкости можно определить и по ее плотности. Плотность охлаждающей низкотемпературной жидкости определяется с помощью нефтенсиметра так же, как и плотность нефтепродуктов.

Для определения плотности жидкости подбирают денсиметр, имеющий шкалу от 1000 кг/м³ до 1200 кг/м³ с ценой деления не более 0,001.

Рекомендуется определять плотность при температуре 20° С. Если плотность определена при другой температуре, то найденная плотность приводится к температуре 20°C по формуле:

$$\rho_{20} = \frac{\rho_t}{1 + \beta(t - 20)}, \quad (3.1)$$

где ρ_{20} – плотность охлаждающей жидкости при 20°C, г/см³;

ρ_t – плотность охлаждающей жидкости при температуре определения, кг/м³;

β – коэффициент объемного расширения жидкости, равный 0,000525, показывающий изменение плотности жидкости с изменением температуры на 1°C;

t – температура жидкости при определении, °C.

Определив плотность жидкости, находят температуру ее замерзания и содержание гликоля в объемных процентах, пользуясь табл. 2.

Температуру замерзания и содержание гликоля в жидкости по ее плотности можно также определить, пользуясь диаграммой (рис. 4.1). Зная плотность, проводят горизонтальную линию от оси ординат, где приведены значения плотности, до пересечения ее с кривой плотности, опускают перпендикуляр на ось абсцисс и получают значение содержания гликоля. Продолжая опускать перпендикуляр вниз до пересечения с кривой температур замерзания и проведя горизонтальную линию влево до оси ординат, получают значение температуры замерзания данной жидкости.

По окончании работы делается вывод о соответствии показателей испытуемого продукта нормативным значениям.

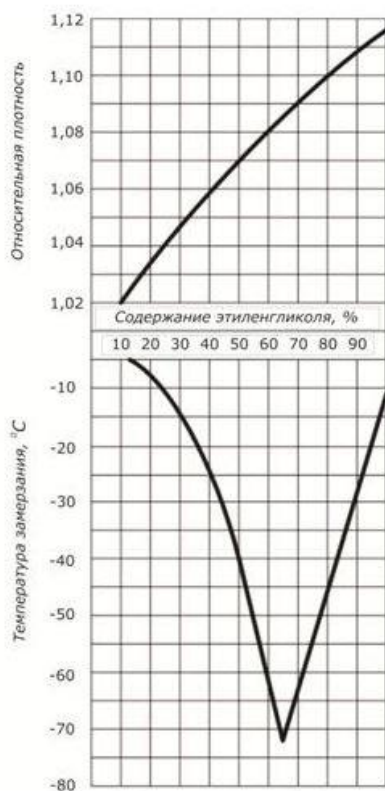


Рис. 3.6. Диаграмма для определения температуры заморозки и содержания гликоля в охлаждающей низкозамерзающей жидкости по ее плотности

3.2.2. Приложение 1

Основные характеристики антифризов

Таблица 1

Показатели	Тосолы (ТУ 6-02-751-78)			Концентрированный этиленгликоль	Антифризы (ГОСТ 159-52)	
	Тосол АМ	Тосол А-40М	Тосол А-65М		40	65
Внешний вид жидкости	Голубая			Красная	Светло-желтая слегка мутная	Оранжевая слегка мутная
Плотность при 20°C, кг/м³	1120...1140	1075...1085	1085...1095	1110...1116	1067...1072	1085...1090
Температура заморозки, °C, не выше	-	-40	-65	-	-40	-65
Температура кипения, °C, не ниже	170	108	115	-	100	100
Состав, %:	96	58...66	60...64	94...5	52...47	64...35

этиленгликоль вода присадки (сверх 100%)	3,0 6... 7	44 3... 3,5	35 3,5 ...4	6...8	3,5...4,5	4...4,5
--	------------------	-------------------	-------------------	-------	-----------	---------

3.2.3. Приложение 2

Таблица 2

Поправки к показанию гидрометра

емп. ид-ти, °C	Содержание этиленгликоля в жидкости, % по объему																										
	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	6	8	0	2	4	6	8	0	1	2	4	
30	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	6	8	0	2	4	6	8	0	1	2	4	
8	8	0	2	3	5	8	0	2	3	6	8	9	2	4	6	7	9	1	3	5	7	9	1	2	3	5	7
6	9	0	2	4	6	9	1	2	4	6	9	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	3	4	6	8
4	0	1	3	5	7	0	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	4	5	7	9
2	1	2	4	6	8	1	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	5	6	8	0
20	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	6	7	9	1
8	2	4	6	8	0	1	4	6	8	0	2	4	6	8	0	1	3	6	8	0	2	4	6	7	8	0	2
6	3	5	7	9	1	2	4	6	9	1	2	5	7	8	0	2	4	7	9	1	3	5	7	8	9	1	3
4	4	6	7	0	1	2	5	7	9	2	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	4	6	8	9	0	2	4
2	4	6	8	1	2	3	5	7	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	7	9	0	1	3	5
10	5	7	8	1	2	4	6	8	0	3	5	6	8	1	3	5	7	9	1	3	5	8	0	1	2	4	6
8	5	7	9	1	3	4	6	8	1	3	5	7	9	1	3	5	8	9	1	3	6	8	0	1	2	4	7
6	5	7	9	2	3	5	7	9	1	4	6	7	9	2	4	6	8	0	2	4	7	9	1	2	3	5	7
4	6	8	0	2	3	5	7	9	2	4	7	8	0	3	5	7	9	1	3	5	8	0	2	3	4	6	8
2	6	8	0	2	4	6	8	0	2	5	8	9	0	4	6	8	0	2	4	6	9	1	3	4	5	7	9
0	6	8	0	2	4	6	8	0	3	5	8	9	1	4	6	9	1	3	5	7	0	2	4	5	6	8	0
1	7	9	1	3	4	6	8	0	3	5	8	9	1	4	6	9	1	3	5	7	0	2	4	5	6	8	0
2	7	9	1	3	5	7	9	1	3	6	9	0	2	5	7	0	2	4	6	8	1	3	5	6	7	9	1

3	7	9	1	3	5	7	9	1	4	6	9	0	3	5	8	0	2	4	6	8	1	3	5	6	7	9	1
4	7	9	1	3	5	7	9	1	4	6	9	1	4	6	3	1	3	5	7	9	2	4	6	7	8	0	2
5	7	9	1	3	5	7	9	1	4	6	9	1	4	7	9	1	3	5	7	9	2	4	6	7	8	0	2

4. Порядок выполнения работы

4.1. Стартовое положение

В шкафу находятся 4 канистры с тосолом с подписями «Тосол А», «Тосол А40», «Тосол А65» и «Тосол» (с неизвестной концентрацией).

В вытяжном шкафу располагаются стеклянная колба, нефтенсисметр и гидрометр.

На столе находится канистра для слива отработанного топлива.

4.2. Порядок действий (рекомендованный)

1. Достаньте канистру из шкафа, поставьте на стол. Открутите крышку и налейте тосол в стеклянную колбу (1,8 дм³). Закрутите крышку, верните канистру в шкаф.

2. Возьмите в руки нефтенсисметр и примените его к колбе с топливом. Нефтенсисметр медленно опускается в топливо. Зафиксируйте показания.

3. Извлеките нефтенсисметр, положите на стол.

4. Совершите те же манипуляции с гидрометром. Зафиксируйте показания.

5. Извлеките гидрометр.

6. Открутите крышку канистры для отработанного топлива, слейте тосол. Верните колбу на место. Закрутите крышку канистры.

7. Опыт можно повторить.

Измерений в данном опыте должно быть не менее 3. По полученным результатам находят среднее арифметическое значение и сравнивают с ним все отсчеты. Во внимание принимаются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более чем на $\pm 3\%$. При расхождении результатов отсчетов на большее значение измерения повторяют.

Результаты измерений сводятся в таблицу 5.1.

5. Отчет

Таблица 5.1

Результаты определения

Показатель	Значение		
Опытные данные			
	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
1. Температура замерзания жидкости зам., °C			
2. Содержание этиленгликоля, %			
3. Плотность , кг/м³			
4. Температура испытания исп, °C			
Скорректированные данные			
	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
1. Температура замерзания жидкости скор. зам.. °C			

2. Содержание этиленгликоля скор., %			
3. Плотность скор., кг/м ³			
Данные по ГОСТ			
1. Температура замерзания жидкости ГОСТ зам., °С			
2. Содержание этиленгликоля ГОСТ, %			
3. Плотность ГОСТ, кг/м ³			
4. Температура испытания ГОСТ исп., °С			

Делается вывод о температуре замерзания охлаждающей жидкости и содержания этиленгликоля в ней, а также плотности. Затем определяется возможность ее применения в соответствующих условиях (см. приложение).

Отчет должен включать в себя:

1. Название работы.
2. Цель.
3. Приборы и материалы (рисунок).
4. Порядок определения.
5. Результаты определения.
6. Вывод.

6. Контрольные вопросы

1. Каково назначение антифризов?
2. Что представляет собой этиленгликоль?
3. Перечислите виды антифризов?
4. В каком соотношении смешивают этиленгликоль и воду для получения антифриза?
5. Как получают Тосол А?
6. Какова плотность Тосола А, Тосола А-40, Тосола А-65?
7. Для чего определяют плотность антифриза?
8. Для каких целей применяется гидрометр?
9. От содержания каких компонентов зависит температура замерзания антифриза?
10. Что представляет собой гидрометр?
11. Сущность определения температуры замерзания и содержания этиленгликоля?
12. Как определить плотность охлаждающей жидкости при температуре испытания, отличной от 20⁰?
13. Как определить температуру замерзания и содержание этиленгликоля по плотности охлаждающей жидкости?

Лабораторная работа № 12. Определение температуры каплепадения консистентных смазок

1. Введение

Цель работы - определение пригодности к применению в узле трения пластичной смазки по ее температуре каплепадения.

Задача - определить температуру каплепадения различных пластичных смазок с помощью прибора для определения температуры каплепадения.

2. Теория. Постановка задачи

Температура каплепадения – условный критерий начала плавления: минимальная температура падения первой капли смазки, нагреваемой в капсуле термометра Уббелоде (метод ASTM D 566 – IP/32; DIN 5/80/B1.1; ISO 2/76).

Температура каплепадения, зависящая в основном от вида загустителя и в меньшей степени от его концентрации, определяет подразделение смазок на низкоплавкие — Н (температура каплепадения до 65 °С), среднеплавкие — С (65... 100°С) и тугоплавкие — Т (свыше 100°С).

Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна превышать температуру трущихся деталей на 15...20°С.

Прибор для определения температуры каплепадения представляет собой ртутный термометр, нижняя часть которого наглухо заделана в металлическую гильзу, снабженную нарезкой. На гильзу навинчивают металлическую трубку, в нижней части трубки имеются буртик или штифты для крепления стеклянной или металлической чашечки. Края нижнего отверстия чашечки отшлифованы.

3. Оборудование

3.2. Оборудование для лабораторной работы

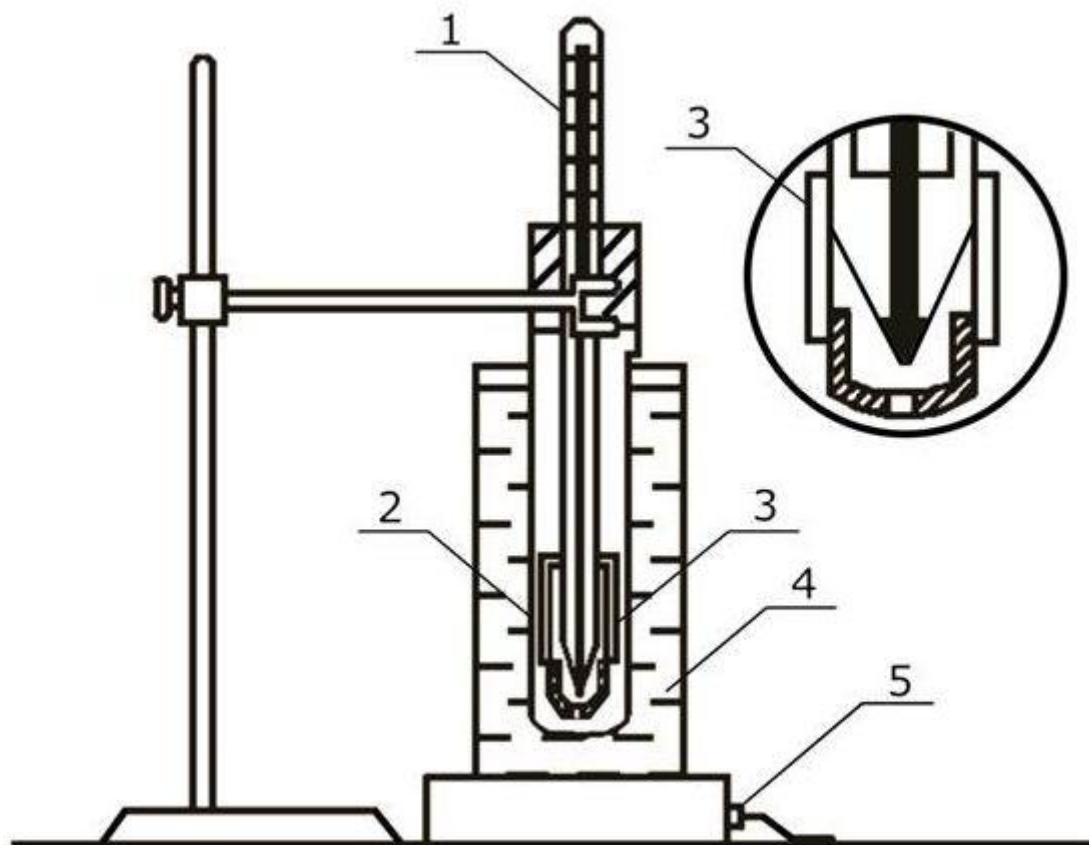


Рис. 3.3. Прибор для определения температуры каплепадения смазок

1 – специальный термометр; 2 – пробирка; 3 – капсюль;

4 – водяная или глицериновая баня; 5 – электроплитка

Прибор для определения температуры каплепадения представляет собой ртутный термометр, нижняя часть которого наглухо заделана в металлическую гильзу, снабженную нарезкой. На гильзу навинчивают металлическую трубку, в нижней части трубки имеются буртик или штифты для крепления стеклянной или металлической чашечки. Края нижнего отверстия чашечки отшлифованы.

В стакан наливают термостатирующую жидкость (воду или глицерин) до высоты 120-150 мм от дна стакана (после погружения в него пробирки с термометром).

Испытуемую смазку из отобранной пробы вмазывают шпателем в чашечку прибора, следя за тем, чтобы в смазке не образовалось пузырьков воздуха. Чашечку, заполненную смазкой, тщательно вытирают, срезают излишек продукта с ее верхней части и вставляют в гильзу прибора таким образом, чтобы верхний край чашечки соприкасался с бортиком гильзы. Выдавленную при этом из нижнего отверстия чашечки смазку срезают ножом.

На дно сухой и чистой пробирки кладут кружочек белой бумаги, после чего прибор строго вертикально укрепляют внутри пробирки с помощью разрезной пробки так, чтобы чашечка со смазкой находилась на расстоянии 25 мм от кружка бумаги на дно пробирки.

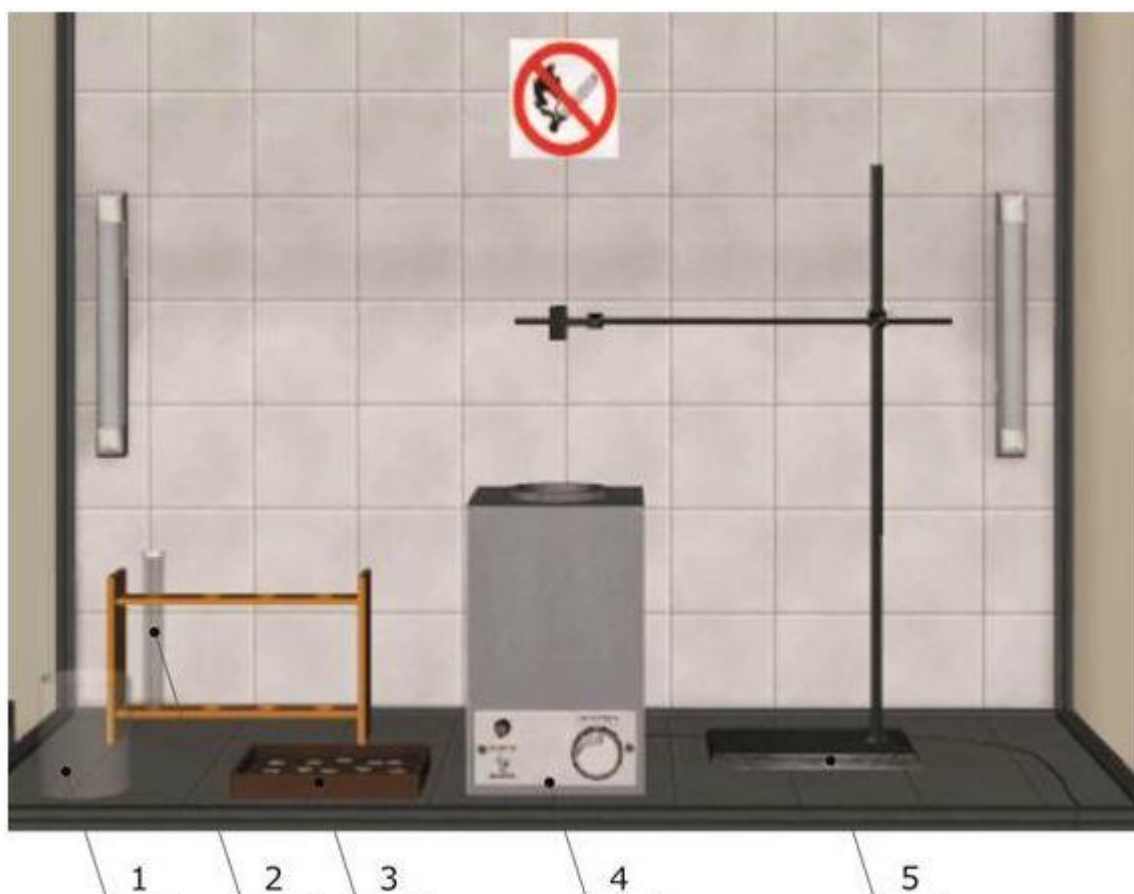


Рис. 3.4. Оборудование

1 – емкость для водяной бани; 2 – пробирка;
3 – круглые бумажки (на дно пробирки); 4 – нагревательный прибор;
5 – штатив



Рис. 3.5. Оборудование

1 – коробка для использованных бумажек; 2 – емкость для отработанной смазки;
3 – специализированный термометр в футляре



Рис. 3.6. Образцы смазки и штапель для снятия излишков смазки

3.3. Приложение 1

Свойства смазок при различных загустителях

Смазки	Температура каплепадения, 0С
Мыльные смазки	

Натриевые	130-160
Литиевые	175-205
Комплексные литиевые	>250
Гидратированные	70-85
Безводные кальциевые	130-140
Комплексные кальциевые	>230
Алюминиевые	95-120
Комплексные алюминиевые	>250
Углеводородные смазки	
	50-70

3.4. Приложение 2

Назв. смазки, марка	Тип	Водо-стой-кость	Консер-ваци-онная способ-ность	Класс кон-сис-тен-ции	Кол-лоид-ная ста-биль-ность, %, не более	Рабочая темп, °С		Срок хране-ния, лет	Заменитель
						мин	макс		
Консталин, УТ-1	Натри-евые и натриево-кальци-евые	Низкая	Низкая	2	5	20	120	3	Любые смазки кроме кальций-евых и углеводо-родных, другие натриевые смазки
Консталин, УТ-2				2	5				
ЯНЗ-2				2	5	-30	100		
Карданная, АМ				2	5	-10	100		
КСБ				2	5	-30	110		
Лита	Литиевые	Высо-кая	Сред-няя	2	20	-50	100	5	ЦИАТИМ-221, Зимол
Литол-24				3	12	-40	130	10	Фиол-3, Фиол-2У
ЦИАТИМ-221				2	7	-60	150	5	Лита, Зимол
Фиол-1, Фиол-2				1	2	-40	120		Фиол-36, Литол-24
Фиол-3				1	2	-40	130		Литол-24
Фиол-2М				1	2	-40	120	8	Литол-24 с содержанием 2% MoS ₂
ЛЗ-31				2	3	-40	130	5	Литол-246, ШРБ-4
Зимол				2	20	-50	100		ЦИАТИМ-221б, Лита
ШРУС-4				2	16	-40	100	3	Униол-3
Северол-1	Литиевые			2	15	-50	130	5	Униол-3М, ЦИАТИМ-

		Высо- кая							201
ЦИАТИМ-201			Низкая	2	26	-60	90	4	Фиол-2У
ЛСЦ-15				1	15	-40	130	5	Литол-24, ШРБ-4, ШРУС-4, №158
Смазка №158				2	23	-30	100		ШРУС-4, Литол-24
ШРБ-4	Бариевые	Высо- кая	Высо- кая	2	20	-40	100	3	Литол-24, ЛСЦ-15
МС-70				2	18	-40	100		-
Немыльная смазка, ВТВ-1	Углеводородные	Очень высо- кая	Очень высокая	2	22	-40	40	10	Любые кальций- евые и бариевые смазки, Литол-24, фиолы
Лимол	Силика-гелевые	Высо- кая	Высо- кая	2	17	-40	160	5	ШРБ-4, Литол-24, Фиол-3, Фиол-3М
Силикол				2	18	-40	130		Литол-24, Фиол-3, Фиол-3М

4. Порядок выполнения работы

4.1. Порядок действий (рекомендованный)

1. Достаньте из шкафа тюбик со смазкой и положите на стол. Извлеките из футляра специализированный термометр.

2. Снимите капсюль и положите его на стол. Открутите колпачок с тюбика и примените к капсюлю. Выдавится смазка. Закрутите тюбик и уберите его в шкаф.

3. Примените капсюль к термометру. При этом из отверстия капсюля выдавится небольшое количество смазки. Возьмите из шкафа шпатель и срежьте излишки. Примените шпатель к емкости для отработанной смазки. Положите шпатель на стол.

4. Достаньте из нижнего шкафа канистру с водой на стол. Открутите крышку канистры и налейте воду в стакан для водяной бани. Закройте канистру, уберите ее в шкаф.

5. Поставьте стакан на нагревательный прибор. Кликните на колбу, она появится на уровне глаз пользователя. Возьмите бумажный кружок и примените его к колбе (кружочек появится в колбе). Вставьте термометр в колбу, расстояние от ее дна до низа капсюля составляет 25 мм. Закрепите колбу на штативе. Глубина погружения в стакан составляет 150 мм.

6. Включите нагревательный прибор тумблером у основания прибора. Нагрейте колбу до нужной температуры, и из отверстия капсюля выделится капля смазки. Нагревайте стакан до температур:

- ☐ 30°C для низкоплавких смазок;

- ☐ 60°C для среднеплавких;
- ☐ 110°C для натриевых;
- ☐ 150°C для литиевых.

По мере приближения к указанным температурам уменьшайте скорость дальнейшего нагрева.

7. Зафиксируйте температуру, при которой из чашечки упадет первая капля смазки. Результат округлите до целых единиц и запишите в отчет.

Процесс нагрева обладает следующей особенностью: при выключении нагревательного прибора, нагрев продолжается еще 2 минуты, и только после этого времени начинает падать температура. То же самое произойдет при включении нагревательного аппарата.

8. Выключите нагреватель. Снимите колбу со штатива. Колба с термометром появится на уровне глаз пользователя. Извлеките термометр из колбы, положите на стол. Примените колбу к коробке для отработанных бумажек (анимацией колба перевернется, и бумажка выпадет в чашу). Установите колбу в штатив для пробирок. Можно повторять опыт.

4.2. Обработка результатов

По температуре каплепадения смазки можно приблизительно судить о ее работоспособности при повышенной температуре. В прил. 1 указаны температуры каплепадения и температурный диапазон применения ряда пластичных смазок.

Расхождения между двумя параллельными определениями не должны превышать 1°C при температуре каплепадения до 100°C и 2°C - при температуре каплепадения свыше 100° С.

Результаты измерений оформляются в виде таблицы 5.1

5. Отчет

1. Цель лабораторной работы.
2. Задачи лабораторной работы.
3. Приборы и материалы (зарисовать прибор и перечислить марки испытуемых образцов пластичной смазки).
4. Ход работы (перечислить основные этапы проведения лабораторной работы).
5. Результаты измерений (таблица).

Таблица 5.1

Показатели	Марка пластичной смазки		Среднее значение по результатам двух опытов	Значение по температуре каплепадения по ГОСТ
	Опыт №1	Опыт № 2		
, °C				

6. Вывод о возможности применения данного образца пластичной смазки на практике в заданном узле трения.

6. Контрольные вопросы

1. Дать определение температуры каплепадения.
2. От каких параметров зависит температура каплепадения?
3. Назовите температуру каплепадения различных видов смазок.
4. О каких параметрах можно судить по температуре каплепадения?
5. Что представляет собой прибор для определения температуры каплепадения?
6. Для чего нужна термостатирующая жидкость в данном опыте?
7. Как правильно и куда накладывается проба смазки?
8. На каком расстоянии чашечка со смазкой должна находиться от дна пробирки?

9. На каком расстоянии должна находиться пробирка с прибором от дна бани?
10. Что принимается за температуру каплепадения?
11. Какова температура каплепадения для наиболее распространенных литиевых смазок?
12. Расскажите последовательность проведения опыта.
13. К какой группе свойств пластичных смазок относится температура каплепадения?

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перечень основной литературы

1. Мокеров, Л.Ф. Эксплуатационные материалы / Л.Ф. Мокеров ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2014. – 92 с. : табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429996>. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

1. Гаджиев, Г.М. Топливо-смазочные материалы : в 2 ч. : [16+] / Г.М. Гаджиев, Ю.Н. Сидыганов, Д.В. Костромин ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. – Ч. 2. Смазочные материалы. – 260 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483730>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1894-1. - ISBN 978-5-8158-1896-5 (ч. 2). – Текст : электронный.
2. Гаджиев, Г.М. Топливо-смазочные материалы: в 2 ч. : [16+] / Г.М. Гаджиев, Ю.Н. Сидыганов, Д.В. Костромин ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. – Ч. 1. Бензины и дизельные топлива. – 267 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483729>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1894-1. - ISBN 978-5-8158-1895-8 (ч. 1). – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line»
3. Электронно-библиотечная система Лань

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации самостоятельной работы
по дисциплине «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»
для студентов направления подготовки
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Пятигорск 2026 г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	80
1.ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	81
2. ПЛАН - ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	82
3.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	82
3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы	82
3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к лабораторным занятиям	83
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	83
5.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ	83
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	84

Введение

Методические указания и задания для выполнения самостоятельной работы студентами по дисциплине «Эксплуатационные материалы» по направлению подготовки бакалавров: 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Методическое пособие содержит весь необходимый материал для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Эксплуатационные материалы».

В данном методическом пособии приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения.

1.Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

На современном этапе самостоятельную работу студента следует разделить на работу с бумажными источниками информации, т.е. учебниками, методическими пособиями, монографиями, журналами и т.д. и электронными источниками информации, т.е. доступ к электронным ресурсам через Интернет.

Сегодня самостоятельную работу студента невозможно представить без использования информационной сети – Интернет. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

Цели и задачи самостоятельной работы: формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Наименование компетенции		
Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 готовность к руководству выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов	ИД-1 _{ПК-1} Владеет методами организации работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов в соответствии с требованиями организаций изготовителей	Готовность к руководству выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов
	ИД-2 _{ПК-1} Определяет рациональные методы рационального обеспечения процесса технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств и их компонентов	

2. План - график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр					
ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам № 1-16	Собеседование	84	11	95
ПК-1	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчёт (письменный)	2	1	3
ПК-1	Экзамен	Экзамен	1	9	10
Итого за 5 семестр			87	21	108
Итого			87	21	108

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы

Изучать учебную дисциплину «Эксплуатационные материалы» рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них в программе дисциплины. При теоретическом изучении дисциплины студент должен пользоваться соответствующей литературой. Примерный перечень литературы приведен в рабочей программе

Для более полного освоения учебного материала студентам читаются лекции по важнейшим разделам и темам учебной дисциплины. На лекциях излагаются и детально рассматриваются наиболее важные вопросы, составляющие теоретический и практический фундамент дисциплины.

Итоговый продукт: конспект лекций

Средства и технологии оценки: Собеседование

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине.

Темы для самостоятельного изучения:

1. Общие понятия и классификация эксплуатационных материалов. Способы переработки нефти
2. Топлива для двигателей внутреннего сгорания
3. Состав и структура углеводородов нефти
4. Бензин и его свойства
5. Дизельное топливо
6. Газотурбинное и моторное топлива
7. Моторные масла

8. Трансмиссионные и индустриальные масла
9. Гидравлические масла (гидрожидкости)
10. Консистентные смазки
11. Охлаждающие жидкости
12. Антифризы и их свойства
13. Антикоррозийные и защитные покрытия
14. Резинотехнические и уплотнительные материалы
15. Техника безопасности и охрана окружающей среды при работе с эксплуатационными материалами
16. Классификация опасных веществ

3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к лабораторным занятиям

Итоговый продукт: отчет по лабораторной работе

Средства и технологии оценки: защита отчета

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно, если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине

4. Методические указания

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Эксплуатационные материалы», направления подготовки 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

5. Методические указания по подготовке к экзамену

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются три вопроса (один вопрос для проверки знаний и два вопроса для проверки умений и навыков студента).

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочными таблицами

При проверке лабораторного задания, оцениваются:

- знание параметра;
- последовательность и рациональность выполнения.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Мокеров, Л.Ф. Эксплуатационные материалы / Л.Ф. Мокеров ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2014. – 92 с. : табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429996>. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

1. Гаджиев, Г.М. Топливо-смазочные материалы : в 2 ч. : [16+] / Г.М. Гаджиев, Ю.Н. Сидыганов, Д.В. Костромин ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. – Ч. 2. Смазочные материалы. – 260 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483730>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1894-1. - ISBN 978-5-8158-1896-5 (ч. 2). – Текст : электронный.
2. Гаджиев, Г.М. Топливо-смазочные материалы: в 2 ч. : [16+] / Г.М. Гаджиев, Ю.Н. Сидыганов, Д.В. Костромин ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. – Ч. 1. Бензины и дизельные топлива. – 267 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483729>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1894-1. - ISBN 978-5-8158-1895-8 (ч. 1). – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line»
3. Электронно-библиотечная система Лань