

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Владимирский государственный университет  
Кафедра тепловых двигателей и энергетических установок

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ХИММОТОЛОГИЯ»**

Составители  
В. М. БАСУРОВ  
В. В. БЕЛОВ



Владимир 2007

УДК 662.753

ББК 31.353

М 54

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Владимирского государственного университета

*В.П. Фролов*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Владимирского государственного университета

**Методические** указания к лабораторным работам по М 54 дисциплине «Химмотология» / Владим. гос. ун-т. ; сост. : В. М. Басуров, В. В. Белов. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 40 с.

Способствуют более глубокому закреплению теоретического материала, приобретению практических навыков и самостоятельному решению инженерных задач при работе с топливами, маслами и охлаждающими жидкостями и другими эксплуатационными материалами. Даны основные понятия о физико-химических свойствах эксплуатационных материалов, рассмотрены методы их анализа и исследования, определены критерии их работоспособности в двигателях внутреннего сгорания.

Предназначены для студентов очной формы обучения специальности 140501 – двигатели внутреннего сгорания.

Табл. 9. Ил. 11. Библиогр.: 5 назв.

УДК 662.753

ББК 31.353

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЖИДКИХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Цель работы: изучить метод определения фракционного состава жидкого моторного топлива.

Задания:

1. Определить:
  - а) пусковые свойства топлива;
  - б) среднюю испаряемость;
  - в) полноту испарения;
  - г) наличие в топливе тяжелых фракций.
2. Определить марку исследуемого моторного топлива и построить кривую его разгонки  $V=f(t)$ .
3. Определить ориентировочно октановое число бензина.

*Фракционированием* называется разделение сложной смеси на более простой состав или компонентов на индивидуальные составляющие. Такое разделение можно проводить различными методами, основные из которых: перегонка и ректификация (в зависимости от физико-химических свойств веществ нефти), молекулярная перегонка (в зависимости от скорости испарения различных составляющих), хроматография (использование адсорбции на различных пористых телах), экстракция (использование растворимости в различных растворителях).

В технических условиях на авиационные и автомобильные бензины, авиационные и осветительные керосины, дизельные топлива и растворители одним из важнейших показателей является их фракционный состав. В процессе проведения разгонки этих нефтепродуктов в стандартных условиях нормируются следующие показатели: температура начала кипения, температуры, при которых отгоняются 10; 50; 97,5 % их объема, процент остатка и температура конца кипения.

Температура начала перегонки бензина характеризует наличие легких пусковых фракций. Для автомобильных бензинов значение этой температуры не должно быть выше 30 °С.

Температура перегонки 10 % бензина характеризует количественное содержание пусковых фракций и является показателем пусковых свойств топлива. Чем ниже значение этой температуры, тем легче пускается двигатель. Для автомобильных бензинов она должна быть не выше 65 – 80 °С. Если значение этой температуры будет ниже указанного предела, то при высокой температуре окружающей среды, а также при понижении атмосферного давления (езда в высокогорной местности) из топлива выделяются пары и растворенный в нем воздух, в результате чего могут случаться перебои в работе двигателя.

Температура перегонки 50 % бензина характеризует среднюю испаряемость топлива, влияющую на приемистость и прогрев двигателя. Эта температура не должна превышать 100 – 150 °С. При снижении температуры перегонки 50 % топлива ниже указанного предела может наблюдаться обледенение карбюратора, особенно в холодное время года и при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, а также увеличивается расход топлива.

Температура перегонки 90 % бензина характеризует полностью его испарения, так как указывает на содержание в нем тяжелых, трудно испаряющихся фракций. Повышение этой температуры ведет к увеличению доли неиспарившегося топлива, которое, попадая в цилиндр двигателя, смывает смазку с его стенок и приводит к повышенным износам. Для бензинов указанная температура должна быть не выше 165 – 195 °С.

Температура конца перегонки характеризует наличие в топливе наиболее тяжелых фракций, которые в цилиндре двигателя под действием высокой температуры подвергаются термическому расщеплению с образованием кокса и нагара. Для автомобильных бензинов температура конца кипения не должна быть выше 180 – 205 °С.

Определение фракционного состава моторных топлив проводится при атмосферном давлении в простых перегонных аппаратах.

### **Экспериментальная установка**

Аппарат для разгонки нефтепродуктов включает следующие детали (рис. 1): колбу 1 для разгонки нефтепродуктов, уста-

навливаемую на асбестовой прокладке 4, термометр 2 с градуировкой от 0 до 360 °С, защитный кожух 3, холодильник 7 с подводящей 6 и отводящей 8 воду трубками, цилиндр измерительный 9, электрический нагреватель с реостатом, секундомер.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с работой экспериментальной установки. В чистую сухую колбу 1 с помощью мерного цилиндра 9 налить 100 мл испытуемого нефтепродукта, имеющего температуру  $20 \pm 3$  °С. В шейку колбы установить на хорошо пригнанной пробке термометр 2. При этом ось термометра должна совпадать с осью шейки колбы, а верх ртутного шарика – находиться на уровне нижнего края отводной трубки 5 в месте ее припая. Соединить отводную трубку колбы с холодильником при помощи пробки. Отводная трубка колбы должна входить в приемную трубку холодильника на 24 – 50 мм и не касаться ее стенок.

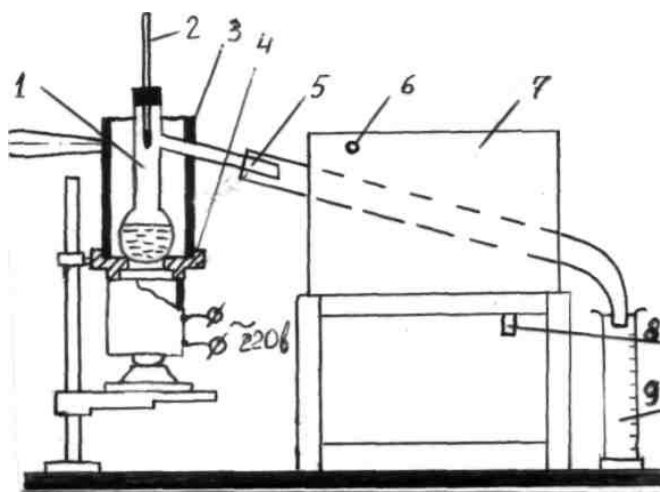


Рис. 1. Аппарат для разгонки нефтепродуктов

2. Ванну холодильника 7 заполнить льдом или залить проточной водой (через подводящую трубку 6 и отводную 8). В собранном приборе колба должна стоять на асбестовой прокладке 4 нижней половины кожуха строго вертикально. Закрыть колбу верхней частью кожуха 3. Стекланный цилиндр, не высушивая, поставить под нижний конец трубки холодильника так, чтобы трубка холодильника входила в цилиндр не менее чем на 25 мм, но не ниже шейки с меткой 100 мм.

3. Мерный цилиндр 9 поместить под отводную трубу холодильника. Отверстие цилиндра закрыть ватой.

4. Включить нагреватель в электросеть. При этом скорость нагрева регулируется реостатом таким образом, чтобы от начала

нагрева до падения первой капли дистиллята прошло не более 10 мин. В дальнейшем нагрев вести со скоростью 1 – 2 капли в секунду. Температуру, показываемую термометром в момент падения первой капли дистиллята, принимают за температуру начала перегонки (н. п.) (начала кипения) и заносят в таблицу.

| $V, \text{ мм}^3$           | н. п. | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | к. п. |
|-----------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| $t, \text{ }^\circ\text{C}$ |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |

5. Зафиксировать температуру, соответствующую отгону 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 мл (%) топлива. На время отсчета обеспечить стекание конденсата по внутренней стенке цилиндра 7.

6. После набора 90 мл (%) конденсата необходимо несколько увеличить скорость нагрева и вести его до тех пор, пока ртутный столбик термометра не остановится на некоторой высоте, после чего температура начнет падать. Не прекращая нагрев, выждать, пока температура не снизится на 5 – 10  $^\circ\text{C}$ , после чего выключить нагреватель и дать стечь конденсату из холодильника в течение 5 мин. За температуру конца перегонки (к. п.) принимается максимальная температура, полученная при максимальной скорости нагрева.

7. После окончания нагревания верхнюю часть кожуха 10 снять и охладить прибор в течение 5 мин. Отделить колбу от холодильника, вынуть из нее термометр и через горловину вылить горячий остаток бензина в мерный цилиндр вместимостью 10 мл, охладив его до 20  $^\circ\text{C}$ .

### Обработка результатов

1. Определить количество остатка с точностью до 0,1 мл с помощью мерного цилиндра.

2. Определить потери перегонки как разность между 100 мл и суммой собранного остатка и конденсата.

Если перегонка ведется при барометрическом давлении выше  $1,0266 \cdot 10^5$  или ниже  $1 \cdot 10^5$  Па, то для определения температуры конца перегонки ( $t_{\text{к.п}}$ ) вводится поправка,  $^\circ\text{C}$ :

$$D = 0,0012 (1,01325 \cdot 10^5 - p)(273 + t),$$

где  $p$  – барометрическое давление при перегонке, Па;

$t$  – температура конца перегонки, показанная термометром, °С.

Поправка складывается с показанием термометра при  $p < 1 \cdot 10^5$  Па и вычитается при  $p > 1,0266 \cdot 10^5$  Па.

3. На основании полученных данных построить кривую разгонки топлива в координатах  $V = f(t_{\text{ср}})$ .

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{н.п}} + t_{\text{к.п}}}{2}.$$

4. Определить октановое число (О.Ч.) исследованного бензина по формуле

$$\text{О.Ч.} = 120 - 2 \left( \frac{t_{\text{ср}} - 58}{3\rho_{20}} \right),$$

где  $t_{\text{ср}}$  – средняя температура;  $t_{\text{н.п}}$ ,  $t_{\text{к.п}}$  – температуры начала и конца перегонки бензина;  $\rho_{20}$  – плотность бензина при температуре 20 °С (определяется по результатам работы № 3).

5. По результатам работы дать заключение об эксплуатационных качествах топлива, установить его марку и ориентировочно октановое число, соответствие данных разгонки требованиям ГОСТа.

### Контрольные вопросы

1. Какие известны методы фракционирования жидких топлив?
2. Как влияет температура начала и конца перегонки топлива на работу двигателя?
3. Как влияют температуры перегонки 10, 50 и 90 % топлива на работу двигателя?
4. Из каких элементов состоит экспериментальная установка?
5. В чем состоит методика проведения эксперимента?
6. Что называется октановым числом?

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРУЕМОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ**

Цель работы: изучить метод определения коэффициента фильтруемости дизельного топлива.

Задания:

1. Определить коэффициент фильтруемости дизельного топлива, построить кривую фильтрования.
2. По результатам работы сделать вывод о соответствии дизельного топлива ГОСТу.

Чистота дизельного топлива, поступающего в топливный насос и форсунки, оказывает большое влияние на безотказность и срок службы топливной аппаратуры. Чистота топлива обеспечивается установленной на двигателе системой фильтрации и должна отвечать требованиям ГОСТ 10006-73. Основную функцию в системе фильтрации выполняет фильтр тонкой очистки, состоящий из 2 – 3 сменных фильтрующих элементов. Соблюдение всех требований стандарта по чистоте дизельного топлива обеспечивает срок службы фильтрующих элементов (т. е. сохранение их пропускной способности) в течение 2 000 и более моточасов. Уменьшение срока службы фильтрующего элемента в подавляющем большинстве случаев связано с нарушением норм качества дизельного топлива.

Основными причинами преждевременного выхода из строя фильтрующих элементов являются:

1. Повышенная концентрация механических примесей в топливе.
2. Наличие в топливе легкокристаллизующихся углеводородов и воды.
3. Образование смолисто-асфальтовых соединений вследствие химической нестабильности углеводородов.
4. Наличие в топливе мыл нафтеновых кислот.

Исследования каждой из перечисленных причин по известным методикам позволяют косвенно и весьма приближенно судить о фильтруемости топлива. Полное представление можно получить только при одновременном учете всех факторов, влияю-



щих на прохождение топлива через фильтрующий элемент. Для этой цели разработано специальное приспособление, позволяющее за короткий промежуток времени с небольшим количеством топлива получить вполне достоверные данные о его фильтруемости.

В приспособлении загрязнители, находящиеся в топливе, будут задерживаться фильтром и увеличивать его сопротивление, в результате чего время фильтрования каждой последующей порции топлива будет увеличиваться.

### Экспериментальная установка

Установка состоит из стеклянной градуированной трубки 1 (рис. 2) с резьбовым наконечником 2, на который наворачивается гильза 3 с упорным кольцом 4 и капсулой 5 внутри. Топливо из трубки 1 проходит через бумажный фильтр БФДТ и стекает через отверстие 6 в емкость 7. Приспособление устанавливается в штативе 9 в вертикальном положении. На трубке 1 нанесены метки, соответствующие 18, 20 и 23 мл. Для лучшей дозировки топлива сверху трубки 1 устанавливается дозирующая воронка 10.

### Порядок выполнения работы

1. В капсулу 5 поместить новую фильтровальную бумагу 8 и прижать ее упорным кольцом 4.

2. Собранный фильтровальный узел поместить в гильзу 3, которую необходимо навернуть на резьбовой наконечник 2 до упора, соблюдая меры предосторожности.

3. Отверстие 6 в гильзе 3 закрыть резиновой пробкой. На основание штатива установить емкость 7 для сбора отфильтрованного топлива.

4. Налить в воронку 10 топливо, предварительно выдержанное при комнатной температуре. Открыть кран 11 и наполнить топливом стеклянную трубку до отметки 23 мл.

5. Открыть отверстие 6 и зафиксировать время  $t$  фильтрования 2 мл топлива от отметки 20 мл до отметки 18 мл.

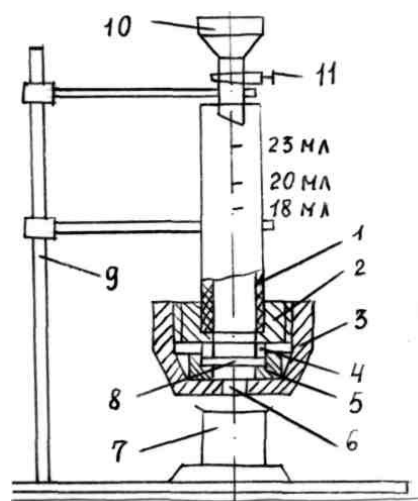


Рис. 2. Установка для определения фильтруемости топлива

6. Долить в стеклянную колбу 5 мл топлива (до отметки 23 мл) и повторить испытания по п. 5.

Результаты занести в таблицу.

|                        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $V$ , мл               | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 |
| $t$ , °С<br>$K_{\phi}$ |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

### Обработка опытных данных

1. Подсчитать после каждого опыта коэффициент фильтрации по формуле

$$K_{\phi} = \frac{t_{\Pi}}{t_1},$$

где  $t_{\Pi}$ ,  $t_1$  – соответственно время фильтрования каждой последующей и первой порций топлива, с.

Согласно ГОСТ 19006-73 топливо допускается к применению, если коэффициент фильтрации  $K_{\phi}$  после десятого замера не превышает значение, равное 3, т. е.

$$K_{\phi} = \frac{t_{10}}{t_1} \leq 3,$$

где  $t_{10}$  – время фильтрования десятой порции топлива, с.

2. Построить кривую фильтрования по полученным данным в координатах  $K_{\phi} = f(V)$ .

3. По результатам работы сделать вывод о пригодности к эксплуатации исследованного топлива.

### Контрольные вопросы

1. Какую функцию выполняет фильтр тонкой очистки?
2. Каковы причины выхода из строя фильтра?
3. Что такое коэффициент фильтрации и как он определяется?
4. Какие основные элементы экспериментальной установки?

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ И ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Цель работы: изучить методы определения вязкости и плотности нефтепродуктов.

Задания:

1. Определить плотность нефтепродуктов с помощью денсиметра.

2. Определить кинематическую вязкость:

а) бензина, дизельного топлива и моторного масла при температуре окружающей среды с помощью капиллярных вискозиметров ВГОК-1, ВПЖ-2 или типа Пинкевича;

б) моторного масла при различных температурах с помощью вискозиметра ВПЖ-2.

Под вязкостью понимается внутреннее трение жидкости, которое возникает в случае относительного перемещения отдельных его слоев. Большое влияние оказывает вязкость на пуск двигателя зимой, так как при отрицательных температурах воздуха она возрастает. Чем выше начальная вязкость (при  $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ), тем быстрее она возрастает при понижении температуры. Одно из неизменных условий пуска двигателя – проворачивание коленчатого вала с достаточной частотой вращения (для карбюраторного двигателя минимальная частота вращения должна быть  $35 - 50\text{ мин}^{-1}$ ). Так как вязкость масел при понижении температуры возрастает, то сопротивление проворачиванию коленчатого вала увеличивается. Частота его вращения падает, поэтому при вязкости масел, равной  $90 - 100\text{ мм}^2/\text{с}$ , пуск карбюраторных двигателей при существующих мощностях стартерных установок становится практически невозможным. Вследствие этого моторные масла должны иметь пологую вязкостно-температурную характеристику.

Различают вязкость динамическую и кинематическую. *Динамическая вязкость*  $\mu$  выражается в паскаль-секундах. Динамическая вязкость определяется по выражению,  $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ ,

$$\mu = \nu \rho,$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\rho$  – плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

*Кинематической вязкостью* называется отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности. За единицу кинематической вязкости принят квадратный метр в секунду ( $\text{м}^2/\text{с}$ ). Так как величина вязкости зависит от температуры, то необходимо всегда указывать, при какой температуре она определялась.

В технических требованиях на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ). Для масла – при температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , для топлива – при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Вязкостно-температурные свойства моторных масел оценивают, кроме того, с помощью температурного коэффициента вязкости (ТКВ), т. е. по отношению кинематических вязкостей, замеренных при  $50$  и  $100\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\nu_{50}/\nu_{100}$ ):

$$\text{ТКВ}_{20-100} = \frac{\nu_{20} - \nu_{100}}{\nu_{50}} 1,25, \quad (1)$$

и по величине индекса вязкости (сравнительной характеристики, в основе которой лежит сравнение вязкостно-температурной характеристики испытуемого масла с соответствующими характеристиками эталонных масел).

*Плотностью нефтепродукта* называется его масса, заключенная в единице объема; в системе СИ обозначается в  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Плотность зависит от группового углеводородного состава, соотношения атомов водорода и углерода в их молекулах и молекулярной массы. Более ясно видна закономерность изменения плотности от температуры кипения углеводородов. При ее повышении от  $60$  до  $300\text{ }^\circ\text{C}$  плотность алканов возрастает от  $680$  до  $800\text{ кг}/\text{м}^3$ , цикланов – от  $740$  до  $840\text{ кг}/\text{м}^3$  и ароматических углеводородов – от  $860$  до  $900\text{ кг}/\text{м}^3$ . Плотность является обязательным показателем, включаемым в стандарты на моторные топлива и другие нефтепродукты. Она используется для пересчета объемных единиц в массовые, предварительного суждения о марке неизвестного нефтепродукта, расчета элементов системы питания двигателя, косвенного контроля за изменением фракционного состава нефтепродуктов в эксплуатации и т. д. При измерении плотности нефтепродукта необходимо замерять температуру, потому что в стандартах и других документах плотность  $\rho_{20}$  указывается при температуре  $+20\text{ }^\circ\text{C}$  и данные измерения плотности  $\rho_t$

при окружающей температуре должны приводиться именно к температуре +20 °С. Для этой цели используется выражение

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma(t - 20), \quad (2)$$

где  $\gamma$  – температурная поправка (приведена в табл. 1);  
 $t$  – температура нефтепродукта при замере плотности, °С.

Значением плотности, приведенным к 20 °С, можно пользоваться для ориентировочного определения марки нефтепродукта. После определения названия жидкости следует обратиться к соответствующим стандартам и отыскать предполагаемую марку (точное определение марки потребует дополнительных анализов).

Таблица 1

| Плотность $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | Температурная<br>поправка $\gamma$ ,<br>на 1 °С | Плотность $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | Температурная<br>поправка $\gamma$ ,<br>на 1 °С |
|---|---|---|---|
| 690,0 – 699,9                           | 0,910   | 850,0 – 859,9                           | 0,699   |
| 700,0 – 709,9                           | 0,897   | 860,0 – 869,9                           | 0,696   |
| 710,0 – 719,9                           | 0,884   | 870,0 – 879,9                           | 0,673   |
| 720,0 – 729,9                           | 0,870   | 880,0 – 889,9                           | 0,660   |
| 730,0 – 739,9                           | 0,857   | 890,0 – 899,9                           | 0,647   |
| 740,0 – 749,9                           | 0,844   | 900,0 – 909,9                           | 0,632   |
| 750,0 – 759,9                           | 0,831   | 910,0 – 919,9                           | 0,620   |
| 760,0 – 769,9                           | 0,818   | 920,0 – 929,9                           | 0,607   |
| 770,0 – 779,9                           | 0,805   | 930,0 – 939,9                           | 0,594   |
| 780,0 – 789,9                           | 0,792   | 940,0 – 949,9                           | 0,581   |
| 790,0 – 799,9                           | 0,778   | 950,0 – 959,9                           | 0,567   |
| 800,0 – 809,9                           | 0,765   | 960,0 – 969,9                           | 0,554   |
| 810,0 – 819,9                           | 0,752   | 970,0 – 979,9                           | 0,541   |
| 820,0 – 829,9                           | 0,738   | 980,0 – 989,9                           | 0,528   |
| 830,0 – 839,9                           | 0,725   | 990,0 – 1000,0                          | 0,515   |
| 840,0 – 849,9                           |   |   |   |

### Экспериментальные установки

Кинематическую вязкость жидкостей при окружающей температуре определяют с помощью стеклянных капиллярных вис-

козиметров типа ВПЖ-1 (рис. 3), ВПЖ-2 (рис. 4) или типа Пинкевича (рис. 5).

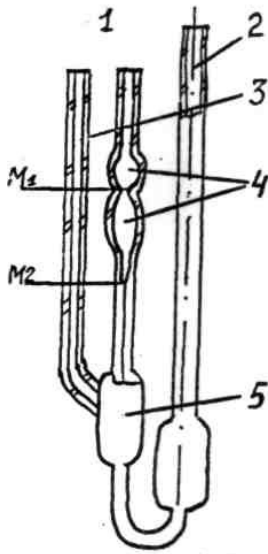


Рис. 3. Вискозиметр типа ВПЖ-1

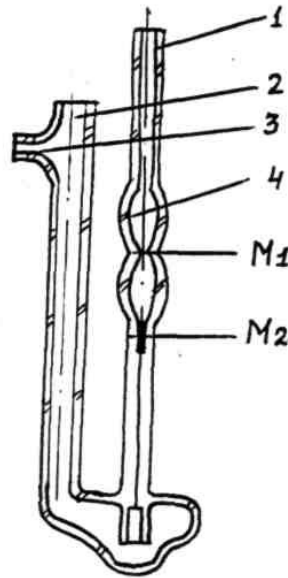


Рис. 4. Вискозиметр типа ВПЖ-2

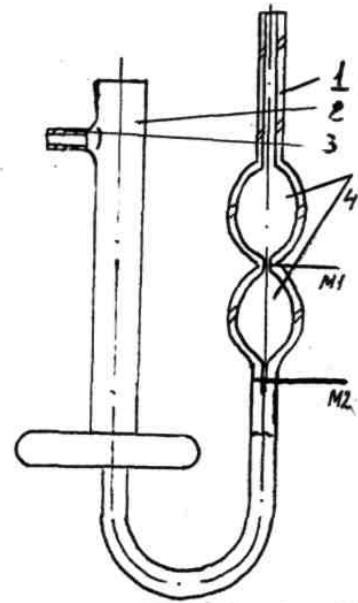


Рис. 5. Вискозиметр типа Пинкевича

Вискозиметр типа ВПЖ-1 применяется для исследования кинематической вязкости прозрачных нефтепродуктов при положительной температуре, а типа ВПЖ-2 и типа Пинкевича – для

измерения вязкости при положительной и отрицательной температурах. Основным элементом вискозиметров являются стеклянные капиллярные трубки 1 с расширениями 4,

между которыми нанесены метки M1 и M2. Метки служат для отсчета времени истечения исследуемого нефтепродукта, а колено 2 – для заполнения вискозиметров исследуемой жидкостью.

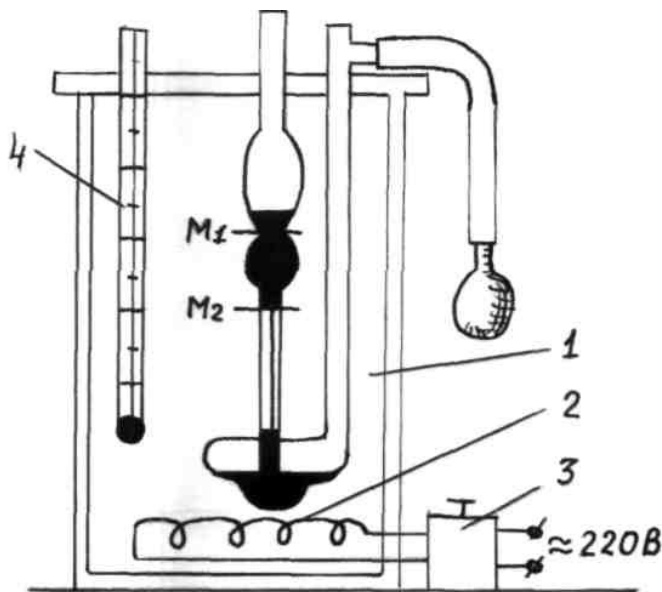


Рис. 6. Установка для определения кинематической вязкости

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с работой экспериментальных установок.

2. Определить плотность жидких нефтепродуктов.

2.1. Налить три-четыре исследуемых нефтепродукта в стеклянные цилиндры емкостью по 250 мл (см. рис. 6) до уровня, отстоящего от верхнего среза цилиндра на 5 – 6 см.

2.2. Опустить денсиметры в цилиндры на возможно большую глубину. После прекращения вертикальных колебаний денсиметров по их шкале произвести отсчет плотностей (по верхнему мениску). При отсчете плотностей глаз наблюдателя должен находиться на уровне жидкостей в цилиндрах, а денсиметры не должны касаться стенок.

2.3. Замерить температуру нефтепродуктов по термометрам денсиметров. Если денсиметры не имеют термометров, то измерение температур нефтепродуктов произвести отдельными термометрами.

2.4. По окончании измерений денсиметры вынуть из цилиндров и, не вытирая, вложить в футляр. Результаты замеров занести в табл. 2.

Таблица 2

| Измеряемые параметры                                      | Бензин | Дизельное топливо | Моторное масло                     |
|---|--------|-------------------|------------------------------------|
| Диаметр вискозиметра, мм                                  | 1      | 1                 | 1                                  |
| Постоянная вискозиметра, С                                | 2      | 2                 | 2                                  |
| Время истечения $\tau$ , с                                | 3      | 3                 | 3                                  |
|   |        |                   | $t_{\text{окр}}$ , 40, 50, 80, 100 |
| Температура замера $t$ , °С                               |        |                   |                                    |
| Время среднее $\tau_{\text{ср}}$ , с                      |        |                   |                                    |
| Вязкость кинематическая $\nu$ , мм <sup>2</sup> /с        |        |                   |                                    |
| Плотность при $t_{\text{окр}}$ , °С                       |        |                   |                                    |
| Плотность при $t = 20$ °С                                 |        |                   |                                    |
| Ориентировочная марка нефтепродукта ТКВ <sub>20-100</sub> |        |                   |                                    |

3. Определить кинематическую вязкость бензина, дизельного топлива и моторного масла при температуре окружающей среды с помощью вискозиметров ВПЖ-1, ВПЖ-2 или типа Пинкевича.

Для измерения времени истечения нефтепродуктов в вискозиметре типа ВПЖ-1 испытываемый нефтепродукт наливают через трубку 2 так, чтобы его уровень установился между отметками  $M_1$  и  $M_2$ . На концы трубок 1 и 3 надевают резиновые трубки, причем одна из них снабжена краном и резиновой грушей, а другая – только краном. Вискозиметр устанавливают вертикально в жидкостном термостате так, чтобы уровень термостатирующей жидкости находился на несколько сантиметров выше расширения 4. При температуре опыта вискозиметр выдерживают в термостате не менее 15 мин, после чего засасывают грушей при закрытой трубке 3 жидкость из расширения 5 выше метки  $M_1$  примерно до середины расширения 4 и перекрывают кран, соединенный трубкой 1. Если вязкость нефтепродукта менее  $500 \text{ мм}^2/\text{с}$ , открывают кран на трубке 1 и освобождают зажим на трубке 3, после чего измеряют время понижения уровня жидкости в трубке 1 от метки  $M_1$  до метки  $M_2$ . При более вязких нефтепродуктах сначала открывают трубку 3, затем измеряют время. Для измерения времени истечения нефтепродуктов в вискозиметрах типов ВПЖ-2 и Пинкевича на отводную трубку 3 надевают резиновую трубку. Зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в сосуд с нефтепродуктом, засасывая его с помощью резиновой груши до метки  $M_2$ , следя за тем, чтобы в жидкости не образовались пузырьки воздуха. Когда уровень жидкости достигнет метки  $M_2$ , вискозиметр вынимают из сосуда и быстро переворачивают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток жидкости и надевают резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат так, чтобы расширение 4 было ниже уровня жидкости в термостате. После выдержки в термостате не менее 15 мин при заданной температуре засасывают жидкость в колено 1 примерно до  $1/3$  высоты расширения 4, сообщают колено 1 с атмосферой и определяют время опускания мениска от метки  $M_1$  до метки  $M_2$ .

Во всех вискозиметрах выполняют несколько измерений. Наименьшее число измерений зависит от времени опыта и долж-



но быть равно при времени истечения жидкости: от 200 до 300 с – пяти; от 300 до 600 с – четырем; свыше 600 с – трем измерениям. По окончании измерений вычисляют среднее арифметическое (с точностью до 0,1 с) время истечения нефтепродукта в вискозиметре и подсчитывают кинематическую вязкость, мм<sup>2</sup>/с:

$$\nu = C\tau_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где  $C$  – постоянная вискозиметра, мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> (дается в паспорте);

$\tau_{\text{ср}}$  – среднее арифметическое время истечения нефтепродукта в вискозиметре, с.

Вязкость моторного масла при  $t_{\text{окр}}$  определяют на установке без включения ее в сеть. Полученные результаты округлить до 4-й значащей цифры и занести в табл. 2.

4. Определить кинематическую вязкость моторного масла при различных температурах.

4.1. Включить установку в сеть и нагреть воду в термостате до  $t = 40$  °С, регулируя нагрев с помощью реостата. Температуру контролировать термометром.

4.2. Определить при установившейся температуре время истечения масла в вискозиметре аналогично, как и при окружающей температуре.

4.3. Увеличивая температуру воды в термостате последовательно до 50, 80 и 100 °С, выполнить работы по п. 4.2.

4.4. Результаты замеров занести в табл. 2.

### **Обработка экспериментальных данных**

1. По формуле (2) привести плотности измеренных нефтепродуктов к стандартным значениям и определить ориентировочно из марки. Результаты расчетов занести в табл. 2.

2. По формуле (3) подсчитать вязкость нефтепродуктов при температуре окружающей среды, а для моторного масла – во всем диапазоне изменения температур воды в термостате. Результаты расчетов занести в табл. 2.

3. Для моторного масла построить вязкостно-температурную характеристику.

4. По формуле (1) подсчитать для моторного масла температурный коэффициент вязкости. Результаты занести в табл. 2.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется плотностью, от чего она зависит и в каких единицах измеряется?

2. Устройство прибора для замера плотности нефтепродуктов. По какой формуле приводят плотность к температуре 20 °С и почему?

3. Что называется вязкостью жидкости? Понятия динамической и кинематической вязкостей. В каких единицах они измеряются?

4. Устройство приборов для определения вязкости.

5. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства топлив и масел?

6. По каким параметрам оцениваются вязкостно-температурные свойства моторного масла?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Цель работы: изучить методы определения температур вспышки и воспламенения моторных масел.

Задание: определить температуры вспышки и воспламенения моторного масла в открытом и закрытом тиглях.

*Температурной вспышкой* называется температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемого в определенных условиях, образуют с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени.

*Температурой воспламенения* называется температура, при которой нагреваемый в определенных условиях нефтепродукт загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 с.

Температура вспышки в известной мере характеризует огнеопасность нефтепродукта. Температура вспышки является нормируемым показателем смазочных масел, дизельных и котельных топлив, осветительных керосинов, бензиновых растворителей. По ней можно составить представление о характере углеводородов, входящих в его состав, узнать о наличии легкоиспаряющихся компонентов. Высококипящие углеводороды повышают температуру вспышки, низкокипящие – снижают ее. При работе двигателя попадание бензина в смазочное масло приводит к снижению его температуры вспышки, масло разжижается, растет его расход. Так, присутствие в масле 6 % бензина снижает температуру вспышки почти в два раза.

На температуру вспышки некоторое влияние оказывают атмосферное давление и влажность воздуха. Чем выше атмосферное давление, тем выше и температура вспышки, °С:

$$t_{н.у} = t + 0,00026 (1,01325 \cdot 10^5 - p),$$

где  $p$  – барометрическое давление при определении температуры вспышки;  $t$  – наблюдаемая температура вспышки при давлении  $p$ , °С;  $t_{н.у}$  – температура вспышки при  $p = 1,01325 \cdot 10^5$  Па.

Повышенная влажность воздуха увеличивает температуру вспышки, так как при этом парциальное давление воздуха в паровоздушной смеси будет уменьшаться за счет присутствия водяных паров.

Сказанное о температуре вспышки полностью распространяется на температуру воспламенения, которая также зависит от фракционного состава моторного масла.

Температуры вспышки и воспламенения для данного нефтепродукта увеличиваются по мере его утяжеления. Добавки к маслу керосина, бензина или других летучих примесей сближают температуры вспышки и воспламенения.

Температура вспышки зависит не только от физико-химических свойств масла и атмосферного давления, но в большей мере от методики ее определения и конструкции прибора. Применяют приборы открытого и закрытого типов, которые различаются между собой условиями испарения в них испытуемого нефтепродукта. Естественно, температура вспышки в открытом приборе будет всегда выше.

При нагревании в открытом тигле пары масла легко диффундируют в окружающую атмосферу и рассеиваются в ней. Наоборот, в закрытом приборе созданы условия для накопления паров над испаряющейся жидкостью, и взрывная концентрация достигается при температуре более низкой, чем в открытом приборе.

Воспламенение смеси паров нефтепродукта с воздухом происходит только при вполне определенной минимальной концентрации его паров в воздухе, которая соответствует нижней границе взрываемости.

Разница между температурами вспышки одного и того же масла в открытом и закрытом тиглях может достигать нескольких десятков градусов. Наибольшее расхождение в температурах характерно для нефтепродуктов с неоднородным фракционным составом или с примесью низкокипящих углеводородов. В случаях, когда примесь низкокипящих компонентов к смазочным маслам недопустима (например для авиамасел), разность температур вспышки в открытом и закрытом тиглях указывается в технических условиях.

## Экспериментальные установки

1. Прибор для определения температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле.

Температура вспышки в открытом тигле определяется на стандартном приборе ЛТВО (рис. 7), состоящем из тигля внутреннего 2, в который наливается испытуемый нефтепродукт, тигля наружного 3, наполненного речным песком, штатива 5 с зажимом для термометра 1 и кольцом для наружного тигля, горелки 4.

2. Прибор для определения температуры вспышки и воспламенения в закрытом тигле.

Основными частями прибора (рис. 8) являются: тигель 7, служащий резервуаром для испытуемого нефтепродукта, крышка 6 тигля с укрепленными на ней деталями и ванна 8, нагреваемая электронагревателем.

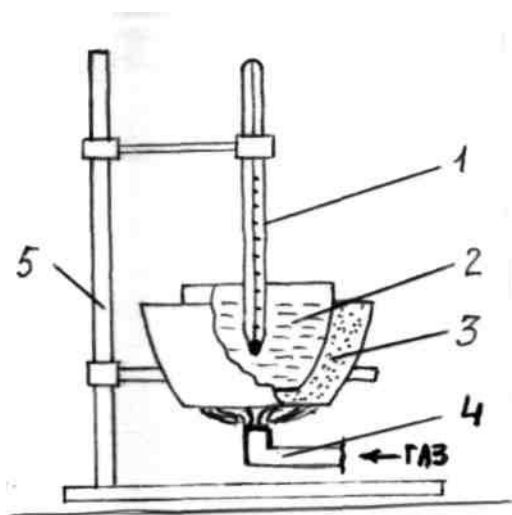


Рис. 7. Схема прибора ЛТВО

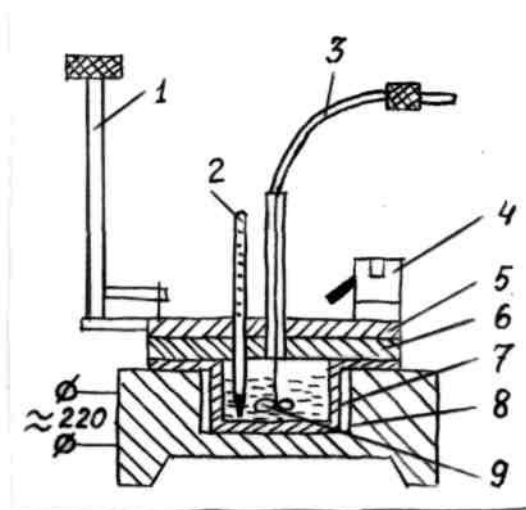


Рис. 8. Схема прибора для определения температуры вспышки и воспламенения в закрытом тигле

На крышке 6 расположены заслонка 5, перемещающаяся с помощью рукоятки 1, зажигалка 4 газовая или масляная, гнездо для термометра 2 и мешалка 9 с гибким валиком 3. Тигель имеет фланец 5 с двумя крючками для извлечения его ухватом из ванны 8. На внутренней поверхности тигля имеется кольцевая риска – указатель уровня испытуемого нефтепродукта. Тигель уплотнен

крышкой, на которой прорезаны три трапециевидных отверстия, закрываемых заслонкой.

При вращении заслонки 5 открываются отверстия в крышке 6 и зажигалка 4 наклоняется к одному из них. Возвращение заслонки и зажигалки в исходное положение происходит под действием усилия пружины, находящейся в механизме перемещения заслонки.

Нагрев спирали прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В через реостат, благодаря чему обеспечивается плавное регулирование и изменение температуры испытуемого нефтепродукта.

### **Порядок выполнения работы**

1. Определение температур вспышки и воспламенения в открытом тигле.

1.1. Внутренний тигель 2 промыть бензином, прогреть над пламенем горелки, охладить до температуры 15 – 20 °С и установить в наружный тигель 3 с прокаленным песком так, чтобы песок был на высоте 12 мм от края внутреннего тигля, а между дном этого тигля и наружным тиглем был слой песка толщиной 5 – 8 мм.

1.2. Налить испытываемый продукт во внутренний тигель так, чтобы уровень жидкости отстоял от края тигля на 12 мм для нефтепродуктов с температурой вспышки до 210 °С. При налипании не допускается разбрызгивание нефтепродукта и попадание его на стенки внутреннего тигля выше уровня жидкости.

1.3. Во внутренний тигель с нефтепродуктом установить термометр так, чтобы ртутный шарик находился в центре тигля приблизительно на одинаковом расстоянии от дна тигля и от уровня нефтепродукта.

1.4. Нагреть наружный тигель прибора пламенем горелки 4 или электроплитки со скоростью 10 °С в минуту. За 40 °С до ожидаемой температуры вспышки скорость нагрева ограничивают до 4 °С в минуту, а за 10 °С медленно проводят пламенем зажигательного приспособления по краям тигля параллельно поверхности нефтепродукта на расстоянии 10 – 14 мм от нее. Время продвижения пламени от одного края тигля до другого должно

быть 2 – 3 с. Такое испытание повторяют через каждые 2 °С повышения температуры. За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над частью или над всей поверхностью испытуемого нефтепродукта.

1.5. Для определения температуры воспламенения продолжают нагрев наружного тигля со скоростью 4 °С в минуту и повторяют испытание пламенем через каждые 2 °С подъема температуры. За температуру воспламенения принимают температуру, при которой испытываемый нефтепродукт при поднесении к нему пламени загорается и продолжает гореть не менее 5 с.

2. Определение температуры вспышки и воспламенения в закрытом тигле.

2.1. Налить нефтепродукт в тигель 7 до кольцевой риски, закрыть крышкой, установить термометр и поместить его в нагреваемую ванну 8. Зажечь фитиль зажигалки 4 и отрегулировать огонь так, чтобы его форма была близка к шару диаметром 3 – 4 мм.

2.2. Включить электронагреватель в сеть переменного тока. При анализе нефтепродуктов с температурой вспышки до 50 °С температуру повышают со скоростью 1 °С в минуту при непрерывном перемешивании рукояткой 3 мешалки от начала до конца опыта.

Для нефтепродуктов с температурой вспышки от 50 до 150 °С начальная скорость нагрева 5 – 8 °С в минуту, а для продуктов с температурой вспышки выше 150 °С – 10 – 12 °С при периодическом перемешивании. При нагреве нефтепродукта на 30 °С ниже предполагаемой температуры вспышки скорость нагрева снижается до 2 °С в минуту.

2.3. После достижения температуры нагрева на 10 °С ниже ожидаемой температуры вспышки провести испытание на вспыхивание через 2 °С – для продуктов с температурой вспышки выше 50 °С. Перемешивание в момент определения температуры вспыхивания прекратить. Отверстие крышки 6 открыть на одну секунду поворотом рукоятки 1 и при отсутствии вспышки продукт вновь нагреть, перемешивая и повторяя операцию зажигания.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над поверхностью нефтепродукта.

2.4. После получения первой вспышки продолжить испытания, повторяя зажигание через 1 °С – для нефтепродуктов с температурой вспышки до 50 °С и через 2 °С – для нефтепродуктов с температурой вспышки выше 50 °С. Если при этом вспышка не произойдет, все испытания повторить. Если при новом испытании полученное значение температуры при первом определении повторится, а воспроизводимости вспышки через 2 °С также не произойдет, работу считать оконченной. За температуру вспышки в этом случае принять показания термометра в момент первого появления синего пламени над поверхностью нефтепродукта при двух параллельных опытах.

2.5. Если испытывается неизвестный нефтепродукт, то провести предварительное определение температуры вспышки. После установления приближенной температуры вспышки провести повторное ее определение по изложенной выше методике.

2.6. Температуру воспламенения определить, продолжая нагрев нефтепродукта со скоростью 4 °С в минуту. Испытание на вспыхивание повторять через каждые 1 °С подъема температуры.

### Обработка результатов

1. На основании экспериментальных данных подсчитать температуры вспышки и воспламенения в открытом и закрытом тиглях по приведенной в начале формуле.

2. Сделать вывод о соответствии исследуемого нефтепродукта требованиям ГОСТа по табл. 3.

Таблица 3

| Марка масла |        |  | Показатели                                    |        |                          |            |
|-------------|--------|--|---|--------|--------------------------|------------|
| API         | SAE    | ГОСТ   | Вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре |        | Температура              |            |
|             |        |  | 0 °С  | 100 °С | вспышки в открытом тигле | застывания |
| SD          | 20     | M8B  | 1200  | 8      | 200                      | – 25       |
| SE, SF      | 20     | M8Г <sub>1</sub>                               | 1200  | 8      | 210                      | – 30       |
| SE, SF      | 20W-30 | M6 <sub>3</sub> / <sup>1</sup> ОГ <sub>1</sub> | 1000  | 10     | 210                      | – 32       |



| Марка масла |        |                                   | Показатели                                       |        |                                  |                 |
|-------------|--------|-----------------------------------|--|--------|----------------------------------|-----------------|
| API         | SAE    | ГОСТ                              | Вязкость, мм <sup>2</sup> /с,<br>при температуре |        | Температура                      |                 |
|             |        |                                   | 0 °С   | 100 °С | вспышки<br>в откры-<br>том тигле | засты-<br>вания |
| SE, SF      | 30     | М12Г                              | 1000   | 12     | 220                              | – 20            |
| SE, SF      | 20W-40 | М6 <sub>3</sub> /14 <sub>г</sub>  | –  | –      | –                                | –               |
| SF/CC       | 15W-40 | Уфалюб                            | –  | –      | –                                | –               |
| SG/CE       | 15W-40 | Уфалюб-<br>экстра                 | –  | –      | –                                | –20             |
| SF/CC       | 15W-40 | Рексол                            | –  | –      | –                                | –20             |
| SF/CD       | 10W-30 | Ангрол                            | –  | 4,1    | –                                | –               |
| SF/CC       | 15W-40 | Кастрол                           | –  | –      | –                                | –               |
| SE, SF      | 15W-30 | М5 <sub>3</sub> /10Г <sub>1</sub> | –  | 5,6    | –                                | –               |

### Контрольные вопросы

1. Что называется температурой вспышки и воспламенения?
2. Как отражается на работе ДВС уменьшение или увеличение температуры вспышки применяемого масла?
3. Почему температура вспышки в открытом тигле всегда больше температуры вспышки в закрытом тигле?
4. Какой темп нагрева необходим при определении температуры вспышки в открытом и закрытом тиглях?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОКСУЕМОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Цель работы: ознакомиться с методом определения коксуемости моторного масла.

Задания:

1. Определить коэффициент коксуемости исследуемого моторного масла.
2. По состоянию кокса определить наличие или отсутствие присадок в масле.

Под коксуемостью нефтепродукта (масла, тяжелого топлива) понимают выраженное в процентах отношение массы углистого остатка (кокса), полученного при испытании нефтепродукта в стандартных условиях, к его массе, взятой до испытания.

Коксуемость зависит в основном от содержания в масле смолисто-асфальтовых веществ, поэтому по ее величине можно судить о склонности масла давать отложения в двигателе. Чем выше коксуемость, тем больше содержание смолисто-асфальтовых веществ и вероятнее загрязнение двигателя.

Однако такого вывода нельзя делать, если в масло введена присадка, повышающая его качество. При добавлении большинства присадок коксуемость возрастает, но качество масла значительно улучшается и, как следствие, двигатель меньше загрязняется отложениями. Происходит это потому, что большинство современных присадок представляет собой металлоорганические соединения, которые при испытании масла на коксуемость испаряются не полностью и остаются в углекислом осадке (коксе). Поэтому коксуемость масел, содержащих присадки, определяют только на заводах до добавления присадки.

Коксуемость масел, содержащих присадки, определяется только в исследовательских целях для наблюдения за изменением свойств масел в эксплуатации. Например, снижение коксуемости масел по времени работы будет косвенно указывать на срабатывание присадок, а повышение коксуемости – на резкое увеличение концентрации механических примесей.

Кокс, образующийся при испытаниях масел с присадками и без присадок, имеет разные свойства: для масел без присадок он блестящий и чешуйчатый, для масел с присадками – рыхлый и неотстающий от стенок тигля.

### Экспериментальная установка

Коксуемость нефтепродуктов определяют на стандартном (ГОСТ 1366-57) лабораторном приборе, изображенном на рис. 9.

Прибор состоит из фарфорового тигля 1, внутреннего 2 и наружного с стальных тиглей, отделенных друг от друга слоем песка 4. Оба стальных тигля закрываются крышками 5 и 6. Песок на дне наружного тигля насыпается с расчетом, чтобы крышка внутреннего тигля 5, имеющая отверстие, плотно прилегала к крышке 6 наружного тигля. Система тиглей помещается в муфель 9 и сверху закрывается колпаком 7 с проволочным мостиком 8. Подогрев тиглей ведется с помощью газовой горелки 10.

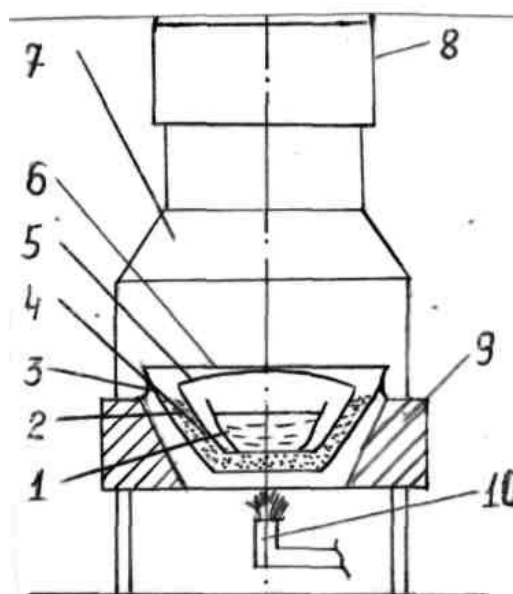


Рис. 9. Установка для определения коэффициента коксуемости

### Порядок выполнения работы

1. Фарфоровый тигель 1 прокалить на газовой горелке до температуры красного каления, охладить и взвесить с точностью до 0,0002 г. Результаты взвешивания занести в таблицу.

| Масса тигля до испытания | Масса масла | Масса тигля после испытания | Масса кокса | Коэффициент коксуемости |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
|                          |             |                             |             |                         |

2. Налить в тигель моторное масло в количестве  $10 \pm 0,5$  г и поместить во внутренний стальной тигель.

3. Закрыв тигли крышками 5 и 6, поместить их в муфель 9 и установить сверху колпак 7.

4. Включить газовую горелку 10 и вести интенсивный нагрев до появления дыма над колпаком 7. При появлении дыма и паров поджечь пары над колпаком с помощью горячей лучины.

5. После загорания паров интенсивность подогрева регулировать таким образом, чтобы высота пламени над колпаком не превышала высоту проволочного мостика 8. Период горения считается законченным, если наблюдается образование синего дыма над колпаком.

6. По окончании периода горения увеличить пламя горелки и нагреть тигель до красного каления, поддерживая это состояние 7 мин.

7. Выключить горелку и через 3 мин снять колпак 8 и крышку наружного тигля 6.

8. По истечении 15 мин перенести фарфоровый тигель 1 в эксикатор, охладить и взвесить с точностью до 0,0002 г. Результаты занести в таблицу.

### **Обработка опытных данных**

1. По разности масс тигля до и после испытания определить коэффициент коксуемости масла  $K$ , %:

$$K = \frac{G_1}{G_2} 100,$$

где  $G_1$  и  $G_2$  – массы кокса и масла, г.

Результат расчета занести в таблицу.

2. По характеру отложений кокса на стенках тигля сделать вывод о наличии или отсутствии в масле присадок.

### **Контрольные вопросы**

1. Что понимается под коксуемостью нефтепродукта и от чего она зависит?

2. Каково влияние присадок на коксуемость нефтепродукта?

3. Каковы свойства кокса для масел с присадками и без них?

4. Экспериментальная установка и методики определения коэффициента коксуемости.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Цель работы: изучить метод определения уровня загрязненности поршневой группы ДВС.

Задание: произвести оценку качества моторного масла по методу определения уровня загрязненности поршневой группы ДВС.

Различные физико-химические показатели качества масла (вязкость, содержание механических примесей, золы, кокса, температура вспышки и др.) позволяют установить соответствие образца масла требованиям стандарта. В исследовательских целях эти показатели часто используют для контроля за изменением качества масла в процессе эксплуатации, что позволяет с большей достоверностью судить о характере многих процессов, протекающих как в самом масле, так и в двигателе.

Однако для решения таких вопросов, как выбор сорта масла для данного двигателя или определение сроков его смены, физико-химические показатели оказываются малопригодными. Дело в том, что не установлены критерии или предельно допустимые значения различных физико-химических показателей, по достижении которых масло нельзя использовать для дальнейшей работы. Поэтому решения о пригодности масла для данного двигателя и о назначении того или иного срока смены принимаются по непосредственному результату работы масла – износу двигателя и загрязнению его поршневой группы.

Противоизносные свойства современных моторных масел вполне удовлетворительны и не являются препятствием для увеличения сроков их смены.

Решающим фактором при оценке качества масла считается уровень загрязненности поршневой группы, выраженный в условных баллах. Работами НАТИ установлено, что длительная и надежная эксплуатация двигателя гарантируется только в том случае, если загрязненность поршневой группы после 800 ч стендовых или 2 000 ч полевых испытаний на опытном масле не пре-

вышает 15 баллов. При более высокой загрязненности углеродистые отложения в зоне первой поршневой канавки начинают контактировать с кольцом, распирая его изнутри, в результате чего повышаются потери на трение, увеличивается износ кольца и цилиндра. По данным немецких исследователей контакт кольца с нагаром приводит к десятикратному увеличению износа. Возможны и другие нежелательные последствия, такие как пригорание колец, задиры поршня и т. д. При увеличении сроков смены масла загрязнение поршневой группы углеродистыми отложениями неизбежно увеличивается.

### Экспериментальная установка

Оценка загрязненности поршневой группы производится по окончании испытаний образца масла после частичной разборки двигателя, при которой снимают головку цилиндра, цилиндр и поршень (рис. 10).

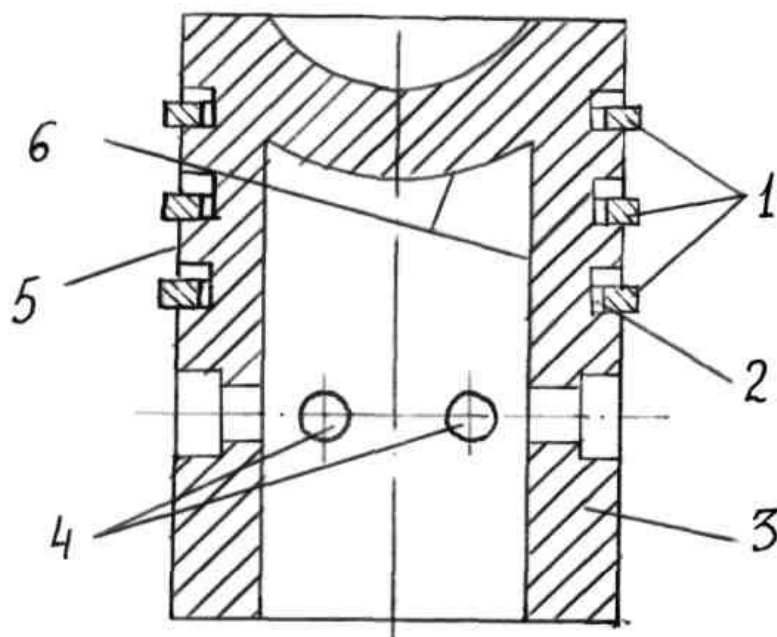


Рис. 10. Схема исследуемого поршня

двигателя, при которой снимают головку цилиндра, цилиндр и поршень (рис. 10).

Объектом исследования являются кольца компрессионные 1, канавки поршня 2, юбка поршня 3, отверстия дренажные 4, перемычки межкольцевые 5, поверхность внутренняя 6.

### Порядок выполнения работы

1. Оценить состояние поршневых колец по их подвижности в канавках исследуемого поршня согласно данным, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

| Состояние кольца | Балл | Условия оценки  |
|------------------|------|---|
| Свободное        | 0    | Кольцо перемещается свободно под действием собственной массы при поворачивании поршня из вертикального положения в горизонтальное |
| Плотное          | 1    | Кольцо перемещается в канавке под действием груза массой до 300 г, приложенного перпендикулярно к диаметру кольца                 |
| Тугое            | 3    | Кольцо перемещается в канавке под действием груза массой более 300 г, приложенного перпендикулярно к диаметру кольца              |
| Закоксованное    | 5    | Кольцо не перемещается.<br>Пригорело на дуге 1 – 60°  |
|                  | 6    | –//– 60 – 120°  |
|                  | 7    | –//– 120 – 180°   |
|                  | 8    | –//– 180 – 240°   |
|                  | 9    | –//– 240 – 300°   |
|                  | 10   | –//– 300 – 360°   |

Показатели состояния подвижности каждого кольца в отдельности просуммировать. Результаты являются оценкой подвижности поршневых колец в баллах.

2. Снять кольца с поршня и прополоскать их трехкратным погружением в бензин марки Б-70.

3. Оценить суммарную загрязненность поршня нагаро- и лако-отложениями в баллах. Она складывается из суммарных загрязнений канавок 2, перемычек 5, дренажных отверстий 4, внутренней поверхности поршня 6. Площадь, покрытую нагаро- и лако-отложениями, определяют визуально.

3.1. Загрязненность поршневых канавок отложениями  $\sum O_{к.от}$  в баллах вычисляется по формуле

$$\sum O_{к.от} = O_{к1} + O_{к2} + O_{к3} + \dots + O_{кl},$$

где  $O_{к1}, \dots, O_{кl}$  – соответственно отложения одного вида в первой – шестой канавках, в баллах.

Величина  $O_{к1}$  вычисляется по формуле

$$O_{к1} = \frac{S_{к1}}{10} K_{1то} K_{1хо},$$

где  $S_{к1}$  – поверхность стенки каждой канавки, покрытой отложениями одного вида, %;  $K_{1то}$ ,  $K_{1хо}$  – коэффициенты толщины слоя и характера отложений, определяемых по табл. 5 и 6 соответственно.

Таблица 5

| Толщина отложений от величины радиального зазора, % | Коэффициент |
|---|-------------|
| 0   | 0,00        |
| 25  | 0,25        |
| 50  | 0,50        |
| 75  | 0,75        |
| 100   | 1,0         |

*Примечания:* 1. Максимальные радиальные расчетные зазоры кольцо – канавка равны:

- для компрессионных колец – 1,2 мм;
- для маслоъемных колец – 1,5 мм.

2. Каждый процент толщины отложений оценивают в 0,01 коэффициента.

3. Замер толщины отложений в канавках производят не менее чем в четырех диаметральных плоскостях с помощью микрометра со специальными наконечниками.

Таблица 6

| Характер отложений | Коэффициент |
|--------------------|-------------|
| Лак                | 0,1         |
| Мазеобразные       | 0,1         |
| Мягкие             | 0,3         |
| Средней твердости  | 0,7         |
| Твердые хрупкие    | 1,0         |

*Примечание.* Мягкие отложения – это отложения, удаляемые деревянным скребком (без усилия). Отложения средней твердости и твердые удаляются металлическим скребком.



Загрязненность канавок при наличии лакообразных отложений вычисляют по формуле

$$O_{к1л} = \frac{S_{к1}}{100} K_{1цл}, \quad (4)$$

где  $K_{1цл}$  – коэффициент цвета лакообразных отложений в каждой канавке, определяемый по табл. 7.

Таблица 7

| Цвет лака         | Коэффициент |
|-------------------|-------------|
| Желтый            | 0,10        |
| Светло-коричневый | 0,25        |
| Коричневый        | 0,50        |
| Темно-коричневый  | 0,75        |
| Черный            | 1,00        |

Полученные значения загрязненности по каждой канавке, вычисленные по формуле (4), суммируются:

$$\sum O_{кл} = O_{к1л} + O_{к2л} + \dots + O_{кnl}.$$

Суммарная загрязненность по канавкам:  $\sum O_{к} = \sum O_{кот} + \sum O_{кл}$ .

3.2. Суммарную загрязненность перемычек 5 между поршневыми канавками  $20_{п}$  определяют аналогично п. 3.1 в баллах.

3.3. Суммарная загрязненность юбки поршня  $10_{ю}$  определяется по формуле, в баллах,

$$\sum O_{ю} = O_{юж} + O_{юск} + O_{юк} + O_{ютк} + O_{юч},$$

где  $O_{юж}$ ,  $O_{юск}$ ,  $O_{юк}$ ,  $O_{ютк}$ ,  $O_{юч}$  – соответственно отложения желтого, светло-коричневого, темно-коричневого и черного цветов.

Отложения каждого цвета на юбке поршня (поверхность между верхним и нижним маслоъемными кольцами) вычисляют по формуле, в баллах,

$$O_{ю1} = \frac{S_{ю1}}{100} K_{цл1},$$

где  $S_{ю1}$  – поверхность юбки поршня, покрытая отложениями одного цвета, %;  $K_{цп1}$  – коэффициент цвета лакообразных отложений, определяемый по табл. 7.

3.4. Суммарная загрязненность дренажных отверстий  $\Sigma_{д.о}$  определяется по формуле, в баллах,

$$\Sigma O_{д.о} = O_{д.о1} + O_{д.о2} + \dots + O_{д.он},$$

где  $O_{д.о1} \dots O_{д.он}$  – отложения в дренажных отверстиях по каждой канавке, определяемые по формуле

$$O_{д.о1} = \frac{\Sigma S_{д.о1}}{10 n} K_{лхо} K_{цп1},$$

где  $\Sigma S_{д.о1}$  – суммарная площадь заполнения отложениями дренажных отверстий 1-й канавки, %;  $n$  – количество дренажных отверстий в канавке.

3.5. Загрязненность внутренней поверхности головки поршня  $O_{гп}$  включая поверхность до верхних дренажных отверстий, определяется по формуле, в баллах,

$$O_{гп} = \frac{S_{гп}}{10} K_{ох} K_{то},$$

где  $S_{гп}$  – внутренняя поверхность головки поршня, покрытая отложениями одного вида, %;  $K_{то}$  – коэффициент толщины слоя отложений, определяемый по табл. 8.

Таблица 8

| Толщина слоя отложений, мм | Значение $K_{то}$ |
|----------------------------|-------------------|
| До 0,3                     | 0,3               |
| До 0,6                     | 0,7               |
| Свыше 0,6                  | 1,0               |

4. Суммарная загрязненность поршня нагаро- и лакоотложениями вычисляют по формуле, в баллах,

$$\Sigma O = \Sigma \Pi_k + \Sigma O_k + \Sigma O_{п} + \Sigma O_{ю} + \Sigma O_{д.о} + \Sigma O_{г.п}$$

По результатам оценки загрязненности поршня сделать вывод о качестве моторного масла и возможности длительной и надежной эксплуатации двигателя.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие физико-химические показатели масла позволяют установить соответствие образца масла требованиям стандарта?
2. Почему вопрос о пригодности масла для двигателя определяется по загрязненности поршневой группы?
3. В каком случае гарантируется длительная и надежная работа двигателя?
4. Каков порядок проведения оценки загрязненности поршневой группы?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КАПЛЕПАДЕНИЯ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

Цель работы: изучить метод определения температуры каплепадения.

Задания:

1. Определить температуру каплепадения исследуемых смазок.
2. По найденной температуре каплепадения определить класс исследуемой смазки.

К консистентным смазкам (КС) относится большая группа нефтепродуктов, представляющих собой мазеобразные, иногда почти твердые пластичные вещества коллоидной структуры. Как правило, консистентные смазки изготавливаются путем загущения различных нефтяных или синтетических масел с помощью загустителей, в качестве которых применяются кальциевые, натриевые, бариевые и другие соли высших жирных кислот (мыла), твердые углеводородные продукты (церезины, парафины) или различные неорганические вещества (селикогель, бентонитовые глины). Основным видом смазок, вырабатываемых в настоящее время – это смазки на мыльных загустителях.

Мыльные смазки подразделяются на группы, отличающиеся по катиону металла, входящего в состав мыла. Наибольшее применение имеют кальциевые и натриевые смазки. К ним относятся солидолы (среднеплавкие) и консталины (тугоплавкие), представляющие собой индустриальные масла средней вязкости, загущенные кальциевыми (солидолы) или натриевыми (консталины) мылами высших жирных кислот естественного или чаще синтетического происхождения.

Кальциевые смазки более низкоплавкие, но влагоустойчивые, так как при изготовлении кальциевые мыла гидрируются.

Натриевые смазки наоборот чувствительны к воде, но благодаря своей тугоплавкости могут применяться в узлах трения с повышенной температурой.

Консистентные смазки являются коллоидными образованиями, поэтому могут проявлять механические свойства, харак-

терные как для твердых тел, так и для жидкости. Так, при сравнительно небольших нагрузках, смазки обладают способностью сохранять свое первоначальное состояние. Под влиянием собственного веса смазки не стекают с вертикальных поверхностей и не выбрасываются под действием центробежной силы из незакрытых узлов трения. Это весьма существенное качество смазки, присущее твердым телам, оценивается пределом прочности. Под пределом прочности смазки понимают то минимальное давление ( $\text{кг/м}^2$ ) (напряжение сдвига), которое вызывает разрушение коллоидной структуры, в результате чего происходит сдвиг слоев смазки и она начинает течь, как вязкая жидкость.

С увеличением температуры ухудшаются механические свойства смазок. При достижении определенной, характерной для каждого типа консистенции смазки температуры нарушается структура каркаса и уменьшаются адгезионные силы, связывающие масло с загустителем, сопровождающиеся нарушением коллоидной стабильности и выделением жидкой фазы – плавлением КС. Плавление происходит в широком диапазоне температур от 40 до 200 °С.

Способность консистентной смазки сохранять свои свойства при увеличении температуры определяется ее температурной стабильностью. Температурную стабильность КС характеризует температура начала плавления, внешне определяемая по выделению первой капли жидкости из нагреваемой КС – температуры каплепадения, определяемой в стандартном приборе (рис. 11).

Сползание консистентной смазки с поверхностей, на которые она нанесена, может наступать под действием инерционных или гравитационных сил до достижения температуры каплепадения. Это явление называют пристеночным синерезисом, оно объясняется повышением концентрации жидкого масла в пристеночном слое. Вследствие пристеночного синерезиса эксплуатационная температура КС, длительно находящихся под действием гравитационных сил, должна быть ниже, чем температура каплепадения (примерно на 20 °С). Соответствующую температуру называют температурой сползания. Она зависит от толщины наносимого на стенку слоя КС и понижается с его увеличением. Поэтому консистентную смазку не следует наносить избыточным тол-

стым слоем. По значению температур каплепадения (табл. 9) смазки разделяются:

1) на низкоплавкие, или вазелины (температура каплепадения до 65 °С);

2) среднеплавкие, или солидолы (температура каплепадения до 100 °С);

3) тугоплавкие, или констатины (температура каплепадения выше 100 °С).

Таблица 9

| Класс смазки  | Марка      | Наименование консистентной смазки | Температура каплепадения, °С, не ниже | Диапазон работы, °С |
|---------------|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Низкоплавкие  | УУГ        | Вазелин технический               | 54                                    | –                   |
|               | УНЗ        | Пушечная смазка                   | 50                                    | –                   |
| Среднеплавкие | ПВК        | Консервационная                   | –                                     | –50...+50           |
|               | УС-1       | Пресс-солидол жировой             | 75                                    | –40...+50           |
|               | УС-2       | Солидол жировой                   | 75                                    | –25...+50           |
|               | С          | Синтетический солидол             | 85                                    | –25...+50           |
|               | УСсА       | Синтетический солидол (графитный) | 85                                    | –25...+50           |
|               | УНИОЛ-1    | Комплексная кальциевая смазка     | –                                     | –                   |
| Тугоплавкие   | УТ-1       | Консталин жировой                 | 130                                   | –10...+120          |
|               | УТ-2       | Консталин жировой                 | 50                                    | –10...+120          |
|               | ЛИТОЛ-24   | Литиевая                          | 175                                   | –40...+130          |
|               | Циатим-20Г | Антифрикционная                   | 175                                   | –60...+50           |
|               | Фиол-3     | Литиевая                          | 175                                   | –40...+130          |
|               | Фиол-1     | Литиевая                          | –                                     | –                   |
|               | Северол-1  | Антифрикционная                   | –                                     | –50...+120          |
|               | Н-158      | Высокостабильная                  | –                                     | –30...+100          |
| ШРБ-4         | Бариевая   | –                                 | –40...+50                             |                     |

## Экспериментальная установка

Температуру каплепадения определяют с помощью стандартного прибора, в котором установлен термометр 1, а в нижнюю часть его вмонтирована металлическая гильза 5 (рис. 11). В гильзу устанавливается стеклянная или металлическая капсула с отверстием 7. Термометр 1 вставляется в пробку 2, а затем в пробирку 3 диаметром 40 и длиной 200 мм. Пробирка укрепляется в штативе 9 и устанавливается в стеклянную баню 4, в которую в зависимости от ожидаемой температуры каплепадения наливается вода или глицерин. Баня 4 подогревается снизу нагревателем 8.

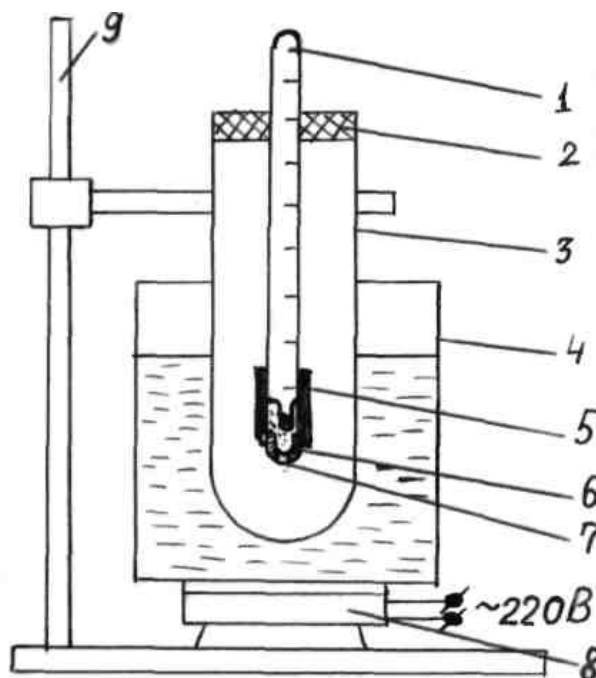


Рис. 11. Прибор для определения температур колебания

### Порядок выполнения работы

1. Испытываемую смазку помещают с помощью шпателя в капсулу 6 прибора, следя за тем, чтобы в продукте не было воздушных пузырьков. Капсулу вставляют в гильзу 5 термометра. Избыток смазки, вытекающей из нижнего отверстия, срезают.

2. На дно сухой чистой пробирки укладывают кружок белой бумаги и укрепляют в пробке 2 подготовленный термометр так, чтобы нижний край капсулы 6 отстоял на 25 мм от кружка бумаги на дне пробирки 3.

3. Пробирку 3 устанавливают в водяную или глицериновую баню. Глицерин применяется для продуктов с температурой каплепадения выше 80 °С. Нагрев бани ведут с неограниченной скоростью. При достижении температуры на 20 °С ниже ожидаемой скорость нагрева ограничивается до одного градуса в минуту.

## Обработка результатов

За температуру каплепадения испытуемого нефтепродукта принимают температуру, показываемую термометром при падении первой капли или касании дна пробирки столбиком нефтепродукта, выступившим из отверстия чашечки прибора.

## Контрольные вопросы

1. Что называется консистентными смазками?
2. На какие группы делятся консистентные смазки по техническому назначению и виду загустителя?
3. Что называется температурой каплепадения?
4. Как классифицируются смазки в зависимости от температуры каплепадения?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Смаль, Ф. В.* Перспективные топлива для автомобилей / Ф. В. Смаль, Е. Е. Арсенов. – М. : Транспорт, 1979. – 151 с.
2. *Папонов, В. С.* Эксплуатационные материалы / В. С. Папонов. – Иваново : Энергет. ин-т, 1974. – 134 с.
3. *Павлов, В. П.* Автомобильные эксплуатационные материалы / В. П. Павлов, П. П. Заккально. – М. : Транспорт, 1982. – 256 с.
4. *Белянин, Б. В.* Технический анализ нефтепродуктов и газа / Б. В. Белянин, В. Н. Эрих. – Л. : Химия, 1970. – 344 с.
5. *Алексеев, В. Н.* Автотракторные эксплуатационные материалы / В. Н. Алексеев, И. Ф. Кувайцев. – М. : Воениздат, 1979. – 198 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <i>Лабораторная работа № 1. Определение фракционного состава жидких моторных топлив</i> .....                           | 3  |
| <i>Лабораторная работа № 2. Определение коэффициента фильтруемости дизельных топлив</i> .....                           | 8  |
| <i>Лабораторная работа № 3. Определение вязкости и плотности нефтепродуктов</i> .....                                   | 11 |
| <i>Лабораторная работа № 4. Определение температур вспышки и воспламенения моторных масел</i> .....                     | 19 |
| <i>Лабораторная работа № 5. Определение коксуемости нефтепродуктов</i> .....  | 26 |
| <i>Лабораторная работа № 6. Определение уровня загрязненности поршневой группы двигателя внутреннего сгорания</i> ..... | 29 |
| <i>Лабораторная работа № 7. Определение температуры каплепадения консистентных смазок</i> .....                         | 36 |
| Библиографический список .....  | 40 |

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИММОТОЛОГИЯ»

Составители

БАСУРОВ Виктор Михайлович

БЕЛОВ Владимир Владимирович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.В. Эфрос

Подписано в печать 17.05.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,32. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.