

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

М. П. Ивандиков  
А. Е. Миронович

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей  
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»,  
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,  
1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 665.73.76.033.035(076.5)(075.8)

ББК 31.353я7

Э41

**Рецензенты:**

*В. Е. Тарасенко, А. С. Климук*

**Ивандиков, М. П.**

Э41 Эксплуатационные материалы : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания», 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис» / М. П. Ивандиков, А. Е. Миронович. – Минск : БНТУ, 2022. – 71 с.  
ISBN 978-985-583-810-5.

В учебно-методическом пособии «Эксплуатационные материалы» содержится 14 лабораторных работ по определению отдельных свойств топлив, масел, смазок и других эксплуатационных материалов автотракторных двигателей внутреннего сгорания. Издание предназначено для студентов высших учебных заведений автотракторных специальностей.

УДК 665.73.76.033.035(076.5)(075.8)

ББК 31.353я7

**ISBN 978-985-583-810-5**

© Ивандиков М. П., Миронович А. Е., 2022

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Работа автомобилей и тракторов связана с применением большого количества эксплуатационных материалов, имеющих необходимые свойства и качества, регламентированные ГОСТами. Для обеспечения надежной и долговечной работы автомобилей и тракторов необходимо не только знать свойства эксплуатационных материалов, но и уметь определять их. Поэтому студенты автотракторных специальностей изучают дисциплины: «Эксплуатационные материалы», «Транспортные двигатели, конструкционные и эксплуатационные материалы».

Наряду с лекциями, для указанных курсов предусматривается выполнение ряда лабораторных и практических работ. Лабораторные занятия проводятся параллельно с чтением лекций и имеют целью:

1. Закрепление лекционного материала.
2. Знакомство с методикой, оборудованием и приборами для определения основных параметров эксплуатационных материалов.
3. Приобретение практических навыков в обращении с приборами и установками, применяемыми для лабораторных исследований эксплуатационных материалов.
4. Практическое знакомство с ассортиментом эксплуатационных материалов, применяемых для автомобилей и тракторов.

На практических работах студентов знакомят с методикой расчета отдельных параметров эксплуатационных материалов, а также обучают правильному применению их на практике. Лабораторные работы выполняются отдельными группами студентов на рабочих местах, снабженных приборами, образцами испытуемых материалов и методическими указаниями по проведению испытаний. На каждом рабочем месте имеется образец материала, который испытывается в соответствии с методикой, изложенной в лабораторном практикуме. В практикум введен ряд упрощений (в сравнении со стандартной методикой), которые, не изменяя сути, позволяют закончить каждое из испытаний за одно лабораторное занятие.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

В лаборатории топлив, смазочных и эксплуатационных материалов приходится иметь дело с горючими и вредными для здоровья веществами, жидкостями, хрупкой стеклянной посудой и электронагревательными приборами.

Во избежание несчастных случаев: пожаров, ожогов, поражений электрическим током, отравлений и порезов во время нахождения в лаборатории необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и противопожарные меры. Поэтому к лабораторным занятиям допускаются лишь студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и зарегистрированные в лабораторном журнале по технике безопасности.

Правила личной безопасности направлены на предотвращение несчастных случаев и предусматривают выполнение следующих основных мероприятий:

1. Все работы, сопровождающиеся интенсивным выделением паров нефтепродуктов, должны выполняться только в вытяжных шкафах.

2. Особую осторожность необходимо проявлять при обращении с этилированным бензином. Запрещается использовать этилированный бензин как моющее средство. При попадании этилированного бензина на кожу это место необходимо промыть теплой водой с мылом,

3. После работы с нефтепродуктами необходимо мыть руки с мылом.

4. Личные вещи студентов должны находиться в столах.

### **Правилами пожарной безопасности в лаборатории не разрешается**

1. Переливать нефтепродукты вблизи открытого огня.

2. Оставлять без присмотра, даже на короткое время, приборы с нагревающимися нефтепродуктами.

3. Сливать использованные нефтепродукта или остатки от них в раковины.

4. Бросать в лаборатории обтирочные материалы, пропитанные нефтепродуктами; они должны складываться в металлический ящик с крышкой.

5. Студент должен знать местонахождение огнетушителей, ящика с песком, одеял.

6. При возгорании нефтепродуктов тушить их можно только огнетушителями, засыпать песком и покрывать одеялами.

7. Тушить горящие нефтепродукты водой запрещается.

Для оказания первой помощи пострадавшему в лаборатории имеется аптечка с необходимыми медикаментами. При отравлении парами бензина пострадавший немедленно должен быть выведен на свежий воздух. При попадании нефтепродуктов в глаза необходимо немедленно промыть их 2-процентным раствором соды. В случае порезов рану заливают йодом и перевязывают стерильным бинтом. Ожоги промывают холодной водой и слабым раствором марганцовокислого калия.

### **Правила выполнения лабораторных работ**

1. Для выполнения лабораторных работ преподаватель распределяет студентов по рабочим местам таким образом, чтобы одну работу выполняла группа студентов из 2–4 человек.

2. Получить у лаборанта или преподавателя необходимые материалы, приборы и инструменты.

3. Ознакомиться с порядком проведения работы и приступить к ее выполнению.

4. По окончании работы показать полученные результаты преподавателю.

5. Убрать рабочее место.

## Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### Цель работы:

1. Ознакомиться с методикой и определить плотность испытуемого нефтепродукта.
2. Привести замеренную плотность к стандартному значению.

### *Теоретические сведения*

Плотностью называется масса вещества, содержащаяся в единице объема. Размерность плотности  $[\text{кг}/\text{м}^3]$ . Согласно стандартной методике плотность нефтепродуктов определяют при любой температуре, но обязательно приводят ее к стандартной температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , чтобы иметь возможность сопоставления результатов, полученных при разных температурах. С повышением температуры плотность нефтепродуктов уменьшается, а с понижением – увеличивается. Если плотность измерялась не при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , а при другой температуре, то значение плотности при стандартных условиях вычисляют по формуле:

$$\rho_{20} = \rho_t + \chi(t - 20),$$

где  $\rho_{20}$  – плотность нефтепродукта при стандартной температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_t$  – плотность нефтепродукта при температуре  $t$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$t$  – температура нефтепродукта в момент измерений плотности,  $^\circ\text{C}$ ;

$\chi$  – температурная поправка,  $\text{кг}/\text{м}^3$  на  $1\text{ }^\circ\text{C}$ .

Значения поправок на плотность приведены в табл. 1.1.

Плотность нефтепродуктов нормируется ГОСТами, она, наряду с другими физико-химическими показателями, характеризует качество нефтепродуктов. Определение плотности нефтепродуктов необходимо для расчета емкостей и учета, так как их выдача со склада обычно производится в объемном измерении, а бухгалтерский учет и отчетность – в весовом.

Плотность нефтепродуктов меньше  $1000\text{ кг}/\text{м}^3$ . Она измеряется по ГОСТ 3900-85 при помощи нефтенсиметров – ареометров.

Таблица 1.1

## Средние температурные поправки плотности нефтепродуктов

| Замеренная плотность нефтепродуктов $\rho_t, (\text{кг/м}^3)10^3$ | Температурная поправка $x$ на 1 °С | Замеренная плотность нефтепродуктов $\rho_t, (\text{кг/м}^3)10^3$ | Температурная поправка $x$ на 1 °С |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| 0,720–0,7299  | 0,000870                           | 0,820–0,8299  | 0,000738                           |
| 0,730–0,7399  | 0,000857                           | 0,850–0,8399  | 0,000725                           |
| 0,740–0,7499  | 0,000844                           | 0,840–0,8499  | 0,000712                           |
| 0,750–0,7599  | 0,000831                           | 0,850–0,8599  | 0,000699                           |
| 0,760–0,7699  | 0,000818                           | 0,860–0,8699  | 0,000686                           |
| 0,770–0,7799  | 0,000805                           | 0,870–0,8799  | 0,000673                           |
| 0,780–0,7899  | 0,000792                           | 0,880–0,8899  | 0,000660                           |
| 0,790–0,7999  | 0,000778                           | 0,890–0,8999  | 0,000647                           |
| 0,800–0,8099  | 0,000765                           | 0,900–0,9099  | 0,000633                           |
| 0,810–0,8199  | 0,000752                           | 0,910–0,9199  | 0,000620                           |

Нефтенденсиметр (рис. 1.1) представляет собой стеклянный пустотельный поплавок, снабженный снизу балластом и сверху тонкой трубочкой, внутри которой помечена шкала плотностей.



Рис. 1.1. Нефтенденсиметр

## ***Аппаратура для выполнения работы***

1. Нефтеденсиметр (рис. 1.1).
2. Стекланный или металлический цилиндр с внутренним диаметром не менее 5 см и высотой в соответствии с размером ареометра – денсиметра.

## ***Порядок выполнения работы***

1. В стекланный цилиндр аккуратно по стенке налить испытуемый нефтепродукт, дать ему отстояться, чтобы выделились пузырьки воздуха, и топливо приняло температуру окружающего воздуха.

2. Держа за верхний конец сухой и чистый нефтеденсиметр, осторожно опустить его в цилиндр с топливом.

3. После того как колебания нефтеденсиметра прекратятся, и он примет температуру топлива, произвести отсчет показаний. Деление шкалы нефтеденсиметра, совпадающее с верхним мениском топлива, показывает его плотность при температуре опыта. При отсчете показаний следить, чтобы нефтеденсиметр не касался стенок цилиндра.

4. Одновременно с отсчетом показаний по шкале нефтеденсиметра зафиксировать температуру топлива по внутреннему термометру или измерить ее отдельным термометром, вводя его в топливо рядом с нефтеденсиметром.

5. Привести замеренную плотность к стандартному значению.

## ***Содержание отчета***

1. Привести схему замера плотности.
2. Определить плотность испытываемого нефтепродукта с учетом температурной поправки.



## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ТОПЛИВА

#### **Цель работы:**

1. Ознакомиться с оборудованием и методикой определения фракционного состава топлива.
2. Дать заключение о качестве и эксплуатационных свойствах испытуемой дозы топлива.

#### *Теоретические сведения*

Фракцией называется часть топлива, выкипающая в определенных температурных пределах. Содержание в топливе тех или иных фракций характеризует его фракционный состав. Фракционный состав топлива является одним из важнейших показателей его качества, который дает возможность оценить испаряемость топлива и выражает зависимость между температурой и количеством перегоняющегося при этой температуре топлива.

Фракционный состав светлых нефтепродуктов определяется по ГОСТ 31077-2002 и оценивается значениями температур начала перегонки, выкипания 10 %, 50 %, 90 % и конца кипения топлива. Для бензинов величина температуры перегонки 10 % характеризует его пусковые свойства, от которых зависит легкость пуска холодного двигателя. Чем ниже эта температура, тем легче и быстрее можно пустить холодный двигатель, так как большее количество бензина будет попадать в цилиндры в паровой фазе.

При высокой температуре перегонки 10 % бензина затрудняется пуск холодного двигателя вследствие того, что рабочая смесь будет слишком обеднена, так как основное количество бензина будет попадать в цилиндры в жидком виде. Кроме того, бензин в жидком виде разжижает масло, смывает его со стенок цилиндра и вызывает повышенный износ деталей двигателя.

Однако если бензин имеет слишком низкие температуры начала перегонки и перегонки 10 %, то при горячем двигателе, особенно в жаркое время, в системе питания могут испаряться наиболее низкокипящие углеводороды, образуя пары, объем которых в 150–200 раз больше объема бензина. При этом горючая смесь обедняется, что вызывает перебои или остановку двигателя, а также создает затруд-

нения при пуске прогретого двигателя. Это явление внешне проявляется так же, как и в случае засорения топливной системы, поэтому получило название «паровой пробки».

После пуска двигателя интенсивность его прогрева, устойчивость работы на малой частоте вращения коленчатого вала и приемистость зависят главным образом от температуры перегонки 50 % бензина. Чем ниже эта температура, тем легче испаряются средние фракции бензина, обеспечивая поступление в еще непрогретый двигатель горючей смеси необходимого состава, устойчивую его работу на малой частоте вращения коленчатого вала двигателя и хорошую приемистость.

При трогании и разгоне автомобиля резко открывается дроссель и во впускной трубопровод устремляется большое количество топлива и холодного воздуха, что приводит к снижению температуры и ухудшению испарения. Чем ниже у бензина температура перегонки 50 %, тем легче и быстрее обеспечивается в этих условиях образование смеси нужного состава ( $\alpha = 0,75-0,8$ ) и выше приемистость двигателя.

По температуре перегонки 90 % и температуре конца перегонки (кипения) судят о наличии в бензине тяжелых трудноиспаряемых (хвостовых) фракций, об интенсивности и полноте сгорания рабочей смеси, о мощности, развиваемой двигателем, количестве расходуемого топлива и износах двигателя. Желательно, чтобы эта температура была по возможности более низкой для обеспечения полного испарения всего бензина, поступившего в цилиндры двигателя. Улучшение испаряемости бензинов тяжелого фракционного состава за счет более интенсивного подогрева впускного трубопровода не дает нужного эффекта, так как при этом снижаются коэффициент наполнения двигателя и литровая мощность.

Применение бензина с высокой температурой конца перегонки приводит к повышенным износам цилиндров и поршневой группы вследствие смывания масла со стенок цилиндров и его разжижения в картере, а также неравномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам.

По величине потерь при перегонке бензина судят о его склонности к испарению при транспортировании и хранении. Бензин, характеризующийся повышенными потерями при перегонке, т. е. с

большим количеством особо легких фракций, интенсивно испаряется в жаркое время года.

На рис. 2.1. представлены кривые разгонки различных сортов горючего: 1 – бензол; 2 – бензины; 3 – керосины; 4 – дизельные топлива; 5 – смесь бензина с керосином.

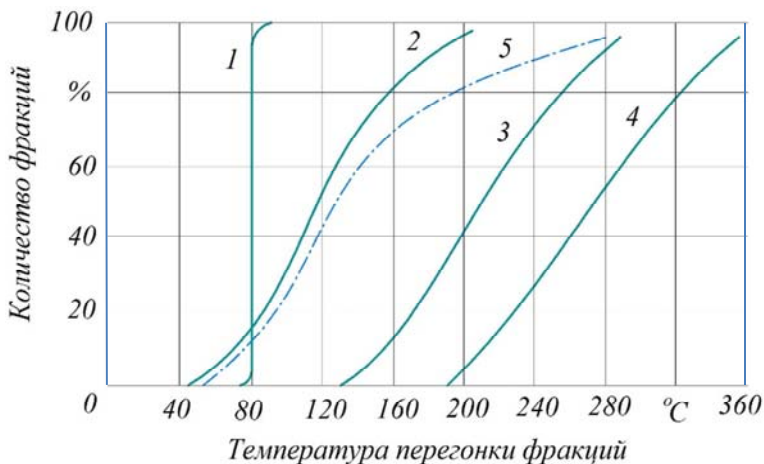


Рис. 2.1. Кривые разгонки различных сортов горючего:  
1 – бензол; 2 – бензины; 3 – керосины; 4 – дизельные топлива;  
5 – смесь бензина с керосином

У дизельных двигателей смесеобразование происходит за 20–40 град. поворота коленчатого вала и составляет всего лишь 0,001–0,004 с, т. е. примерно в 10–15 раз меньше, чем у бензиновых двигателей. Несмотря на то, что температура воздуха в цилиндре работающего двигателя в начале впрыска достаточно высокая и равна примерно 600–800 град. (при давлении 3,0–5,0 МПа), при таком ограниченном времени однородная качественная горючая смесь может быть получена только при достаточно хорошем распыливании и испаряемости топлива.

Применение дизельного топлива с утяжеленным фракционным составом вследствие плохой его испаряемости приводит к несвоевременному воспламенению и плохому сгоранию, дымному выпуску, смыванию масла со стенок цилиндров, повышенному износу, увеличению отложений, ухудшению топливной экономичности.

Однако нельзя применять дизельное топливо со слишком облегченным фракционным составом, которое состояло бы из плохо самовоспламеняющихся углеводородов, затрудняющих пуск и создающих жесткую работу двигателя. Поэтому дизельное топливо должно иметь вполне определенный фракционный состав. Самый легкий фракционный состав имеет арктическое дизельное топливо А.

В результате фракционной разгонки получают температуры выкипания 50 % и 96 % топлива. Температура выкипания 50 % топлива оказывает влияние на его пусковые свойства, а 96 % является температурой конца кипения и свидетельствует о наличии тяжелых фракций, ухудшающих смесеобразование и экономичность, а также повышающих дымность и нагарообразование.

### *Аппаратура для выполнения работы*

Для определения фракционного состава применяется анализатор для разгонки нефтепродуктов по ГОСТ 2177-99. Анализатор (рис. 2.2) состоит из корпуса, блока управления, узла нагрева, охлаждающего устройства, приемной камеры и ПЭВМ.



Рис 2.2. Анализатор автоматический фракционного состава топлив АФСА-2

Принцип действия анализатора основан на измерении температуры кипения нефтепродукта и объема отгона при заданных программным путем скоростей выпаривания и автоматическом поддержании заданных программно температурах охлаждающей бани и приемной камеры.

Анализатор состоит из закрепленных на общем основании нагревателя, охлаждающей бани, приемной камеры блока управления, компрессора и насоса системы охлаждения.

В горловину колбы с анализируемой пробой вставляется ПТС (платиновый термометр сопротивления).

Охлаждающая баня закрывается крышкой, на которой установлены: термодатчик, датчик уровня охлаждающей жидкости и нагреватель.

В приемной камере находятся механизм движения датчика уровня и радиатор охлаждения.

Блок управления закреплен на кожухе анализатора.

Колбу с налитыми в нее 100 мл пробы устанавливают на подставку нагревателя и соединяют с трубкой охлаждающей бани. Термодатчик с плотно прилегающей пробкой устанавливают в горловину колбы. В охлаждающей бане нужную температуру поддерживают подключением охлаждающего устройства (холодильника). Дальнейшая работа анализатора происходит автоматически по программе, записанной в память ПЭВМ, без контроля со стороны лаборанта.

Программа обеспечивает:

- 1) формирование необходимых, в зависимости от режима работы, скоростей нагрева;
- 2) автоматическое измерение уровня отогнанного продукта и температуры кипения с индикацией измеренных данных на мониторе ПЭВМ
- 3) автоматическое поддержание требуемой температуры охлаждающей бани и приемной камеры.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Запустить программу разгонки. Для этого в главном меню выбрать пункт «Разгонка», подпункт «Старт» или на панели инструментов нажать на пиктограмму «Стрелка». Процесс подготовки к разгонке состоит из трех шагов.

2. На первом шаге подготовки к разгонке происходит тест оборудования анализатора АФСА-2.

3. Задание параметров разгонки происходит на втором шаге подготовки к разгонке. Параметры, доступные для изменения: температура ванны, температура камеры, нагрев 1, время нагрева 1, нагрев 2, нагрев 3, объем регулирования, объем слежения, коэффициент конца кипения. Значения по умолчанию устанавливаются после загрузки файла параметрами разгонки. Затем любой параметр при необходимости можно изменить, нажав на соответствующую кнопку в виде стрелки.

4. Третий шаг – контроль термостата. После выхода анализатора на режим зазвучит сигнал (для этого необходимо присоединить к системному блоку компьютера колонки) и появится сообщение «Готово».

5. Четвертый шаг – определение уровня 100 мл. Налить 100 мл пробы топлива (по выбору преподавателя) в цилиндр и вставить его в приемную камеру. Нажать кнопку «Измерить». Перелить в колбу для перегонки анализируемую пробу из мерного цилиндра и установить цилиндр в приемную камеру. Установить колбу на плитку нагревателя и в горловину колбы вставить термодатчик. Нажать «Далее». После этого начинается анализ.

6. После окончания анализа выписать необходимые параметры из таблицы на экране ПЭВМ. Чтобы записать данные разгонки в память компьютера следует выбрать пункт меню «Файл» – «Сохранить файл разгонки» или нажать на пиктограмму «Дискета». Анализатор переходит в исходное состояние.

7. Для окончания работы нажать выключатель «Сеть» блока управления и отключить ПЭВМ.

8. Остаток из колбы перелить в малый мерный цилиндр и записать его объем.

9. Разность между 100 мл и суммой объемов дистиллята и остатка записать как потери при перегонке.

10. Привести температуры к нормальному барометрическому давлению по формуле

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{зам}} + C,$$

где  $C = 0,00012 \cdot (760 - P) \cdot (273 + T_{\text{зам}})$  – поправка на барометрическое давление;  $P$  барометрическое давление в мм рт. ст.

В табл. 2.1 приведено приближенное значение поправок, вычисленных по приведенной формуле.

Таблица 2.1

Приближенное значение поправок  
на барометрическое давление

| Температурные пределы, °С | Поправка в °С на 10 мм рт. ст. разности между 760 мм рт. ст. и фактическим барометрическим давлением в мм рт. ст. |
|---------------------------|---|
| 11–30                     | 0,35  |
| 31–50                     | 0,38  |
| 51–70                     | 0,40  |
| 71–90                     | 0,42  |
| 91–11                     | 0,45  |
| 111–130                   | 0,47  |
| 131–150                   | 0,50  |
| 151–170                   | 0,52  |
| 171–190                   | 0,54  |
| 191–210                   | 0,57  |
| 211–230                   | 0,59  |
| 231–250                   | 0,62  |
| 251–270                   | 0,64  |
| 271–290                   | 0,66  |
| 291–310                   | 0,69  |
| 311–330                   | 0,71  |
| 331–350                   | 0,74  |

Поправки прибавляются в случае, когда барометрическое давление ниже 750 мм рт. ст., и вычитаются, когда давление выше 770 мм рт. ст. При барометрическом давлении в пределах 750–770 мм рт. ст. поправки не вносят.

1. Полученные результаты свести в табл. 2.2.

2. На миллиметровке вычертить график перегонки в координатах количество отогнанного топлива (объемные проценты) – температура °С ( $t$  °С).

3. Полученные результаты сравнить с нормами ГОСТа на испытываемый продукт.

Таблица 2.2

## Результаты перегонки нефтепродуктов

| Начало<br>Перегонки | Температура, °С |      |      |      |      |      |      |      |      |                       | % остатка<br>в колбе | % потерь |
|---------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|----------------------|----------|
|                     | 10 %            | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | Конец<br>перегонки, % |                      |          |
|                     |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |                      |          |

*Точность метода*

Все отчеты ведутся с точностью до 0,5 мл и до 1 °С. Для двух параллельных испытаний допускается расхождение для начала перегонки 4 °С, для конечной и промежуточной точек – 2 °С и 1 мл, для остатка – 0,2 мл.

*Содержание отчета*

1. Дать определение понятия фракционный состав топлива и определить влияние фракционного состава бензина на работу автомобильного двигателя.
2. Отобразить схему установки.
3. Привести краткое описание методики проведения работы.
4. Представить результаты проведенного испытания.
5. Построить график перегонки.
6. Сравнить полученные результаты с требованиями ГОСТа.



### Лабораторная работа № 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

#### **Цель работы:**

Определить давление насыщенных паров моторного топлива, сравнить его с ГОСТ.

#### *Теоретические сведения*

Давлением насыщенных паров называется давление, развиваемое парами испытуемого топлива в момент динамического равновесия между жидкой и паровой фазами. Давление насыщенных паров является условной характеристикой интенсивности испарения, пусковых качеств моторного топлива и его склонности к образованию паровых пробок в системе питания двигателя. Чем выше давление насыщенных паров, тем лучше пусковые качества топлива, но тем больше вероятность образования паровоздушных пробок во время работы двигателя.

Определение давления насыщенных паров моторных топлив по ГОСТ 1756-2000 производится с помощью специального металлического сосуда цилиндрической формы – бомбы Рейда (рис. 3.1). Бомба состоит из двух камер, соединенных друг с другом резьбой. Нижняя камера, объемом 130 мл, предназначена для заливки испытуемого топлива; верхняя, объемом в 4 раза больше, предназначена для паровой фазы. Верхняя камера с помощью трубки через газовый кран соединена с ртутным манометром. При проведении опытов прибор помещается в водяную баню. Температура воды в водяной бане измеряется с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,1 °С и поддерживается в пределах  $38 \pm 0,3$  °С.

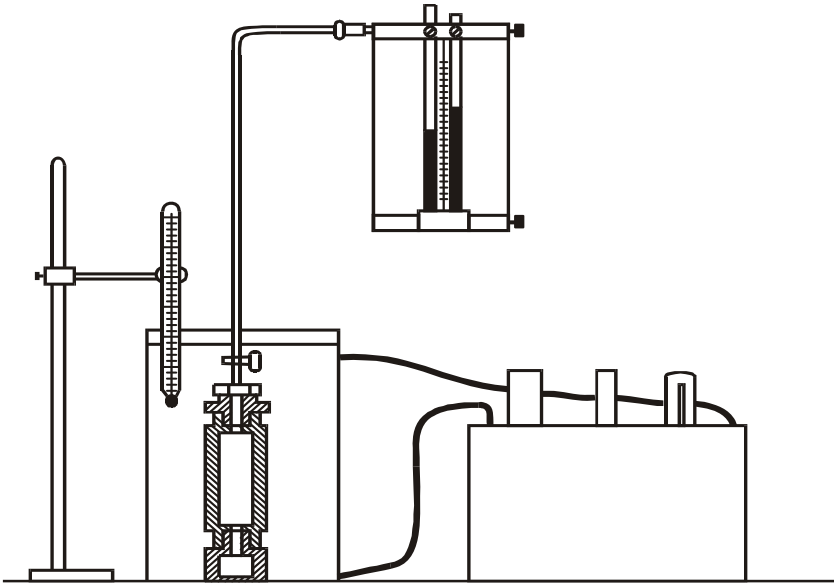


Рис. 3.1. Устройство для определения давления насыщенных паров топлива

### ***Приборы и материалы для выполнения работы***

Бомба Рейда.

Водяная баня (термостат.).

Водо-ледяная баня.

Манометр ртутный.

Термометр ртутный 0–50 °С с ценой деления 0,1 °С.

Ключи гаечные 27×32 и 41×50.

Секундомер.

Образец моторного топлива 150 мл.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Перед испытанием пробу топлива и нижнюю часть прибора охладить в водо-ледяной бане до 0–4 °С.

2. С помощью термометра определить начальную температуру верхней камеры перед испытанием, после чего закрыть кран камеры прибора.

3. Полностью заполнить нижнюю камеру испытуемым топливом.

4. Быстро соединить обе камеры и тщательно уплотнить соединение с помощью гаечных ключей.

5. Собранную бомбу Рейда опрокинуть, несколько раз сильно встряхнуть, а затем привести в нормальное положение и погрузить в водяную баню, кран должен находиться под водой. Температура воды в бане в период испытаний поддерживается в пределах  $38 \pm 0,3$  °С.

При погружении бомбы в водяную баню необходимо следить за тем, чтобы не было утечки паров топлива через неплотности. Если в процессе испытаний будет замечена утечка, то данное испытание прекращается и, после устранения неисправности, проводится вновь с другой порцией топлива.

6. После погружения прибора в водяную баню открыть газовый кран и спустя 5 минут снять показания манометра, закрыть кран, вынуть бомбу из бани, опрокинуть, несколько раз сильно встряхнуть и вновь погрузить ее. Эту операцию повторяют через каждые 2 минуты, делая это как можно быстрее, чтобы бомба не успела сильно охладиться.

7. Операции производятся до тех пор, пока давление в бомбе не стабилизируется, после чего фиксируется окончательное показание манометра  $P_{\text{зам}}$ , мм. рт. ст.

8. После этого прибор необходимо вынуть из бани и разобрать, топливо слить в емкость с отработавшими образцами, продуть с помощью резиновой груши или насоса верхнюю и нижнюю камеры для удаления паров топлива.

Так как в момент сборки прибора в верхней камере находится воздух с парами влаги, которые, нагреваясь, принимают участие в повышении давления, то при определении давления насыщенных паров топлива необходимо внести поправку в показания манометра. Величина поправки зависит от начальной температуры верхней камеры и барометрического давления в момент сборки прибора.

Поправку  $\Delta P$ , мм рт. ст. вычислить по формуле:

$$\Delta P = \frac{(P_a - P_t)(t - 38)}{273 + t} - (P_{38} - P_t),$$

где  $P_a$  – атмосферное давление в момент испытаний, мм рт. ст.;

$P_t$  – давление насыщенных паров влаги воздуха в верхней камере при начальной температуре, мм рт. ст. (взять из табл. 3.1);

$t$  – температура окружающего воздуха, °С;

$P_{38}$  – давление насыщенных паров влаги воздуха в приборе при температуре 38 °С, мм рт. ст. (взять из табл. 3.1 при  $t = 38$  °С).

Величину давления насыщенных паров топлива определить с учетом поправки по формуле:

$$P_{\text{нп}} = P_{\text{зам}} + \Delta P, \text{ мм рт. ст.}$$

Таблица 3.1

Давление насыщенных паров влаги воздуха

| $t, ^\circ\text{C}$ | $P_t$ , мм рт.ст. | $t, ^\circ\text{C}$ | $P_t$ , мм рт.ст. | $t, ^\circ\text{C}$ | $P_t$ , мм рт.ст. |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 10                  | 9,21              | 20                  | 17,54             | 30                  | 31,82             |
| 12                  | 10,52             | 22                  | 19,83             | 32                  | 35,66             |
| 14                  | 11,99             | 24                  | 22,38             | 34                  | 39,90             |
| 16                  | 13,63             | 26                  | 25,21             | 36                  | 44,56             |
| 18                  | 15,48             | 28                  | 28,85             | 38                  | 49,69             |

### *Содержание отчета*

1. Дать определение давления насыщенных паров топлива.
2. Привести схему установки и краткое описание методики испытания.
3. Представить результаты испытаний и сделать выводы о качестве испытуемого топлива в сравнении с требованиями ГОСТа.

## **Лабораторная работа № 4** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВ** **ПО МОТОРНОМУ МЕТОДУ**

### **Цель работы:**

1. Изучить установку и методику для определения октанового числа топлива моторным методом.
2. Дать оценку результатов испытаний на соответствие норме ГОСТ.

### *Теоретические сведения*

Детонационная стойкость является одним из важнейших свойств бензинов и характеризуется октановым числом, которое определяется на лабораторной установке ИТ9-2М путем сравнения испытуемого топлива с детонационной стойкостью эталонных топлив.

В качестве эталонных топлив применяется изооктан с высокой детонационной стойкостью, принятой за 100, и нормальный гептан с низкой детонационной стойкостью, принятой за 0.

Октановое число топлива есть условный показатель измерения детонационной стойкости, численно равный процентному по объему содержанию изооктана в смеси с нормальным гептаном, эквивалентный по детонационной стойкости испытуемому топливу при стандартных условиях испытаний.

### *Оборудование и материалы для выполнения работы*

Установка ИТ9-2М.

Эталонные топлива или их смеси – 0,5 л.

Автомобильный бензин для прогрева установки – 1 л.

Образец испытуемого топлива – 1 л.

Установка ИТ9-2М состоит из специального одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания, электродвигателя, приборов для регистрации интенсивности детонации, пульта управления и колонны для поддержания постоянной влажности воздуха.

Малолитражный одноцилиндровый 4-тактный двигатель имеет переменную степень сжатия от 4 до 10. Изменение степени сжатия достигается с помощью выдвижной гильзы цилиндра, которая может подниматься или опускаться относительно поршня вместе

с головкой цилиндра. В результате этого изменяется объем камеры сгорания и, следовательно, степень сжатия. Изменение положения гильзы цилиндра производится с помощью червячной передачи. Величина степени сжатия замеряется с помощью специального индикатора.

Система питания двигателя состоит из компенсационного бачка с электрическим подогревателем воздуха, трехпоплавкового карбюратора и впускной трубы с электрическим подогревом горючей смеси. Карбюратор имеет три самостоятельные поплавковые камеры с бачками для топлива. Бачки вместе с поплавковыми камерами могут подниматься или опускаться с помощью винтового устройства, что позволяет изменять состав горючей смеси: при подъеме бачка смесь обогащается, при опускании – обедняется.

Трехходовой кран позволяет питать карбюратор топливом из любого бачка и на ходу переключать питание двигателя с одного топлива на другое.

Зажигание на двигателе – от магнето; при изменении степени сжатия угол опережения зажигания автоматически изменяется.

При степени сжатия  $\varepsilon = 5$  угол опережения зажигания равен  $26 \pm 1^\circ$  до ВМТ, при увеличении степени сжатия угол опережения зажигания уменьшается, (при  $\varepsilon = 7$  он равен  $19 \pm 1^\circ$  до ВМТ).

Контроль опережения зажигания осуществляется по специальному указателю с неоновой лампочкой. Охлаждение двигателя осуществляется кипящей дистиллированной водой.

Для конденсации паров воды в конденсационном бачке помещен змеевик, охлаждаемый проточной водопроводной водой. Смазка двигателя принудительная, степень нагрева масла поддерживается постоянной температурой  $50\text{--}75^\circ\text{C}$  с помощью электрического подогревательного элемента и реостата. Электродвигатель служит для пуска и поддержания постоянного числа оборотов двигателя, равного  $900 \pm 10$  об/мин.

В комплект установки для регистрации интенсивности детонации входят: датчик детонации, указатель детонации УД-50 с термоэлементом, полупроводниковый выпрямитель тока и набор дополнительных сопротивлений.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 4.1. Датчик детонации состоит из стального трубчатого корпуса, ввернутого на резьбе в головку цилиндра двигателя и стальной упругой мем-

браны, которая находится в нижней части этого корпуса. На мембрану опирается стержень, верхняя часть которого соприкасается с нижним контактом замыкателя. При резком повышении давления в камере сгорания, характерном для детонационного сгорания, мембрана прогибается и стержень, поднимаясь вверх, замыкает контакты.

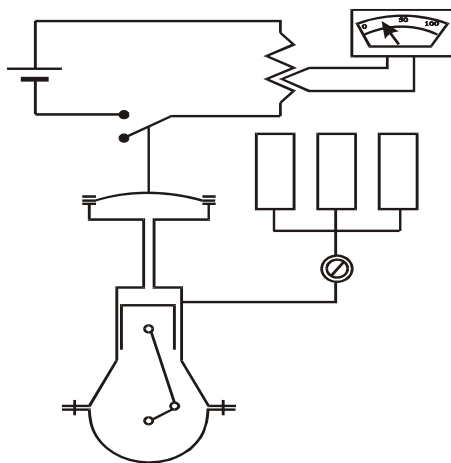


Рис. 4.1. Принципиальная схема установки для определения октанового числа бензина по моторному методу

При замыкании контактов датчика электрический ток поступает в термоэлемент, где нагревает спираль. Батарея термопар, установленных в электроспирали, соединена с указателем детонации, представляющим собой обычный гальванометр, шкала которого проградуирована на 100 делений. Чем интенсивнее детонация в двигателе, тем чаще и продолжительнее замыкаются контакты, тем больше тока поступает в нагревательный элемент и тем сильнее отклоняется стрелка указателя детонации.

### *Пульт управления*

На лицевой стороне пульта управления установлены:

- указатель детонации (УД-50);
- манометр и термометр для измерения давления и температуры масла в системе смазки двигателя;

- амперметры для измерения силы тока в цепи подогревателей горючей смеси и воздуха;
- счетчик моточасов;
- вольтметр для измерения напряжения во вспомогательной цепи;
- кнопки для запуска и остановки двигателя;
- переключатели подогревателей горючей смеси, воздуха, масла;
- переключатели магнето и указатели детонации.

### *Эталонные топлива*

При определении детонационной стойкости топлив применяют первичные и вторичные эталоны. Первичными эталонами являются изооктан и нормальный гептан. Но из-за высокой стоимости первичных эталонов для текущей работы применяются вторичные эталоны:

- бензол химически чистый, эталонный с октановым числом больше 100;
- бензин авиационный Б-70;
- уайт-спирит эталонный с октановым числом 22–30.

Смешиванием этих продуктов получают серию образцов вторичных эталонов с разными октановыми числами.

### **Порядок выполнения работы**

#### *Порядок запуска, прогрева и остановки двигателя*

1. Перед запуском двигателя необходимо проверить наличие масла в картере по верхней метке указателя уровня и произвести его разогрев до температуры 55–60 °С.

2. Проверить наличие воды в системе охлаждения. В холодном двигателе уровень воды должен быть на 75 мл ниже метки на корпусе конденсатора, а при работе двигателя состояние кипения воды – на уровне метки.

3. Открыть краны для циркуляции водопроводной воды через змеевик конденсатора.

4. Провернуть маховик двигателя от руки на 4–5 оборотов.

5. Залить в бачок № 3 топливо, предназначенное для прогрева двигателя, и перекрыть трехходовой топливный кран.

6. Установить степень сжатия на 0,5 единицы ниже степени сжатия, найденной по табл. 4.1, в зависимости от ОЧ топлива, взятого для прогрева двигателя.



Таблица 4.1

Зависимость степени сжатия и показаний индикатора  
от октанового числа топлива при барометрическом  
давлении 760 мм рт. ст.

| Октановое<br>число | Степень<br>сжатия | Показания<br>индикатора,<br>мм | Октановое<br>число | Степень<br>сжатия | Показания<br>индикатора,<br>мм |
|--------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1                  | 2                 | 3                              | 4                  | 5                 | 6                              |
| 40                 | 4,63              | 6,75                           | 70                 | 5,35              | 11,9                           |
| 41                 | 4,65              | 6,90                           | 71                 | 5,39              | 12,1                           |
| 42                 | 4,67              | 7,00                           | 72                 | 5,45              | 12,4                           |
| 43                 | 4,68              | 7,10                           | 73                 | 5,49              | 12,6                           |
| 44                 | 4,69              | 7,20                           | 74                 | 5,54              | 12,9                           |
| 45                 | 4,70              | 7,30                           | 75                 | 5,60              | 13,25                          |
| 46                 | 4,72              | 7,50                           | 76                 | 5,65              | 13,5                           |
| 47                 | 4,74              | 7,65                           | 77                 | 5,71              | 13,8                           |
| 48                 | 4,76              | 7,75                           | 78                 | 5,77              | 14,15                          |
| 49                 | 4,78              | 7,90                           | 79                 | 5,83              | 14,4                           |
| 50                 | 4,80              | 8,10                           | 80                 | 5,90              | 14,7                           |
| 51                 | 4,81              | 8,20                           | 81                 | 5,97              | 15,1                           |
| 52                 | 4,83              | 8,35                           | 82                 | 6,04              | 15,4                           |
| 53                 | 4,85              | 8,50                           | 83                 | 6,11              | 15,7                           |
| 54                 | 4,88              | 8,70                           | 84                 | 6,20              | 16,1                           |
| 55                 | 4,90              | 8,85                           | 85                 | 6,28              | 16,5                           |
| 56                 | 4,92              | 9,00                           | 86                 | 6,36              | 16,95                          |
| 57                 | 4,94              | 9,20                           | 87                 | 6,46              | 17,2                           |
| 58                 | 4,97              | 9,35                           | 88                 | 6,56              | 17,6                           |
| 59                 | 4,99              | 9,50                           | 89                 | 6,66              | 18,0                           |
| 60                 | 5,01              | 9,65                           | 90                 | 6,76              | 18,35                          |
| 61                 | 5,05              | 9,90                           | 91                 | 6,87              | 18,7                           |
| 62                 | 5,08              | 10,10                          | 92                 | 6,98              | 19,15                          |
| 63                 | 5,10              | 10,30                          | 93                 | 7,10              | 19,50                          |
| 64                 | 5,13              | 10,50                          | 94                 | 7,22              | 19,9                           |
| 65                 | 5,16              | 10,65                          | 95                 | 7,35              | 20,3                           |

| 1  | 2    | 3     | 4   | 5    | 6     |
|----|------|-------|-----|------|-------|
| 66 | 5,20 | 10,90 | 96  | 7,47 | 20,6  |
| 67 | 5,24 | 11,20 | 97  | 7,61 | 20,95 |
| 68 | 5,28 | 11,45 | 98  | 7,75 | 21,35 |
| 69 | 5,31 | 11,60 | 99  | 7,88 | 21,70 |
|    |      |       | 100 | 8,02 | 22,00 |

Примечание: при барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт. ст. больше, чем на 5 мм рт. ст. установка индикатора в мм, соответствующая данному октановому числу, должна вычисляться по формуле:

$$M = M_{760} - (A - 760) \cdot 0,03,$$

где  $M_{760}$  – показания индикатора при 760 мм рт. ст. в мм по таблице;

$A$  – барометрическое давление при испытании в мм рт. ст.

7. Включить рубильник на распределительном щите и нажать кнопку «пуск» на пульте управления. На кнопку следует нажимать 2–6 секунд, пока электродвигатель раскрутит установку до необходимого числа оборотов и давление масла по манометру достигнет 1,3–1,5 кг/см<sup>2</sup> (127476–147099 Па), при котором происходит включение блокировочного автомата.

8. Перевести трехходовой топливный кран на питание двигателя топливом из бачка № 3. После запуска двигателя немедленно проверить по манометру давление масла и прогреть двигатель до установления стандартного режима работы.

#### *Рабочий режим двигателя*

1. Число оборотов 900±10 об/мин.
2. Температура воздуха на всасывании 40–50 °С.
3. Температура горючей смеси 149±1 °С.
4. Температура охлаждающей жидкости 100±2 °С.
5. Влажность воздуха в пределах 3,5–4,0 г/кг сухого воздуха.
6. Температура масла в картере 50–75 °С.

### *Порядок остановки двигателя*

1. Выключить указатель детонации.
2. Выключить подогрев масла в картере.
3. Выключить подогрев воздуха и горючей смеси.
4. Перекрыть подачу топлива поворотом 3-ходового крана.
5. Остановить двигатель нажатием кнопки «стоп».
6. После остановки двигателя, вращая маховик вручную, поставить его в положение, когда оба клапана будут закрыты.

### *Порядок определения октанового числа*

1. После установки стандартного режима работы двигателя перевести трехходовой топливный кран в положение для работы на испытуемом топливе.

2. Повышать степень сжатия до ясно слышимых детонационных стуков и включить указатель детонации. Наблюдая за его показаниями, повысить степень сжатия до отклонения стрелки указателя на 30–40 делений.

3. Довести интенсивность детонации до максимального значения, изменяя состав смеси путем поднятия или опускания поплавковой камеры.

4. Установить состав смеси на максимум детонации, снова увеличить степень сжатия и довести показания до деления  $55 \pm 3$ . После этого степень сжатия в процессе дальнейшего испытания не изменять.

5. С помощью индикатора определить установленную степень сжатия и по ее значению, используя табл. 5.1, определить примерное октановое число испытуемого топлива.

6. Выбрать два вторичных эталона: один с ОЧ на единицу больше и второй на единицу меньше, чем испытуемое топливо.

7. Выбранные эталоны залить в крайние топливные бачки и, переводя поочередно работу двигателя на эти эталоны, подобрать состав горючей смеси, дающий для них максимум детонации. Если при этом окажется, что показания указателя детонации для испытуемого топлива не попали в вилку между показателями детонации для взятых эталонов, то один из них заменяют на эталон с большим или меньшим октановым числом.

8. Поочередно переводить двигатель на работу на испытуемом топливе и эталонах и записывать соответствующие показания ука-

зателя детонации. Для получения надежных результатов эту операцию произвести трижды и взять среднее значение показаний.

9. Октановое число испытуемого топлива подсчитать по формуле:

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

где  $A_x$  – октановое число испытуемого топлива;

$A_1$  – октановое число эталона с худшей детонационной стойкостью;

$A_2$  – октановое число эталона с лучшей детонационной стойкостью;

$a$  – показания указателя детонации при работе двигателя на испытуемом топливе;

$a_1 - a$  при работе на эталоне с октановым числом  $A_1$ ;

$a_2 - a$  при работе на эталоне с октановым числом  $A_2$ .

Октановое число автомобильных бензинов, полученное при испытаниях, округлить до ближайшего целого числа.

### ***Содержание отчета***

1. Дать определение октанового числа.
2. Привести краткое описание установки ИТ9-2М и режима ее работы.
3. Указать значение степени сжатия  $\epsilon$  при стандартной интенсивности детонации на испытуемом топливе, его ориентировочное октановое число и октановые числа эталонов  $A_1$  и  $A_2$ .
4. Вычислить по формуле октановое число испытуемого топлива.
5. Дать оценку результатов испытаний на соответствие норме ГОСТ.

## **Лабораторная работа № 5**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПО МЕТОДУ СОВПАДЕНИЯ ВСПЫШЕК**

#### **Цель работы:**

1. Изучить установку и методику для определения цетанового числа топлива по методу совпадения вспышек;
2. Дать оценку результатов испытаний на соответствие норме ГОСТ.

#### ***Теоретические сведения***

Цетановое число является показателем самовоспламеняемости дизельного топлива и определяется по ГОСТ 3122-67 на установке ИТ9-3М путем сравнения с самовоспламеняемостью эталонных топлив. В качестве эталонных топлив используют: цетан, обладающий хорошей самовоспламеняемостью и  $\alpha$ -метилнафталин с плохой самовоспламеняемостью. Цетановое число (ЦЧ) цетана равно 100,  $\alpha$ -метилнафталина – 0.

Цетановое число определяется по методу совпадения вспышек и численно равно процентному по объему содержанию цетана в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином, эквивалентной по самовоспламеняемости испытываемому топливу, при сравнении топлив в стандартных условиях испытаний.

#### ***Оборудование и материалы для выполнения работы***

Установка ИТ9-3М.

Эталонные топлива и их смеси – по 0,5 л.

Дизельное топливо для прогрева установки – 1 л.

Образец дизельного топлива – не менее 0,5 л.

Установка ИТ9-3М включает в себя специальный двигатель с воспламенением от сжатия, электродвигатель, генератор постоянного тока, устройство для регистрации моментов впрыска и воспламенения топлива и пульт управления.

Двигатель одноцилиндровый, четырехтактный с разделенной камерой сгорания (предкамерное смесеобразование). Степень сжатия переменная – от 7 до 23. Изменение степени сжатия производится специальным поршеньком, который перемещается в цилиндрической

предкамере двигателя. Перемещение поршенька производится вращением большого штурвала, малый штурвал служит для фиксирования положения поршенька. Величина степени сжатия определяется по показаниям микрометра, помещенного у штурвала (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Примерная зависимость степени сжатия установки ИТ9-3М при совпадении вспышек и цетанового числа дизельного топлива

| Степень сжатия | Цетановое число | Степень сжатия | Цетановое число |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 15,8           | 32              | 13,2           | 46              |
| 15,1           | 34              | 13,1           | 48              |
| 14,6           | 36              | 13,0           | 50              |
| 14,2           | 38              | 12,9           | 52              |
| 13,8           | 40              | 12,8           | 54              |
| 13,5           | 42              | 12,7           | 56              |
| 13,3           | 44              | 12,6           | 58              |

Система питания двигателя состоит из впускной воздушной трубы, снабженной электрическим подогревателем воздуха, трех топливных бачков, градуированной бюретки, топливного насоса высокого давления и форсунки закрытого типа.

Из топливных бачков топливо самотеком поступает к трехходовому крану, затем к насосу высокого давления и в бюретку. Трехходовой кран позволяет подавать топливо в насос из любого бачка или прекращать подачу, при этом топливо будет расходоваться из бюретки.

Одноплунжерный топливный насос имеет механизмы для регулирования угла опережения впрыска топлива и его расхода. Угол опережения впрыска топлива изменяется нижним микрометрическим винтом, а подача топлива – верхним. Форсунка имеет перепускной клапан, позволяющий отводить топливо, подводимое к ней насосом, в сливной стакан.

Головка и стенки цилиндра охлаждаются кипящей дистиллированной водой. Для конденсации паров воды имеется конденсационный бачок, в котором помещен змеевик, охлаждаемый проточной водой. Форсунка также охлаждается проточной водой.

Смазка двигателя комбинированная. Масло из картера подается к точкам смазки масляным насосом через фильтр. Перед пуском двигателя масло в картере предварительно подогревается с помощью электрического подогревательного элемента. Степень подогрева регулируется реостатом.

Двигатель ременной передачей соединен с электромотором, который служит для его пуска и для поддержания постоянной частоты вращения вала, равной  $900 \pm 10$  об/мин.

### *Устройство для регистрации моментов впрыска и воспламенения топлива*

Моменты впрыска и воспламенения топлива регистрируются вспышками безинерционных неоновых лампочек, установленных на внутренней части обода маховика. Лампочки зажигаются при замыкании контактов индикаторов, один из которых установлен на форсунке, а второй – на головке цилиндра двигателя. Контакты индикатора форсунки замыкаются в момент начала впрыска и размыкаются в момент его окончания, следовательно, неоновая лампа светится в продолжение всего периода впрыска. Контакты индикатора цилиндра замыкаются в момент воспламенения топлива и размыкаются в момент достижения давления в цилиндре, равного давлению сжатия. Пока контакты замкнуты, происходит свечение лампы.

Питание неоновых ламп осуществляется от генератора постоянного тока.

На ободе маховика против неоновых ламп имеются прорезы, через которые наблюдаются вспышки ламп. Прорезь для лампы, регистрирующей момент впрыска, отнесена на  $13^\circ$  до ВМТ, а прорезь для лампы, регистрирующей момент воспламенения, соответствует точно ВМТ. Для наблюдения за вспышками ламп поставлена смотровая труба с зеркалом, посередине трубы нанесена визирная черта.

По условиям работы впрыск топлива производится за  $13^\circ$  до ВМТ, а воспламенение топлива – в ВМТ. При этом в смотровой трубе наблюдаются две световые полосы, левые концы которых касаются визирной черты. Такое положение световых полос называется совпадением вспышек. Если момент начала впрыска будет не за  $13^\circ$  до ВМТ, а воспламенение – до или после ВМТ, то соответствующие световые полосы сместятся вправо или влево от визирной черты.

Эталонные топлива. При определении цетанового числа применяются первичные и вторичные эталоны. В качестве первичных эталонов служат цетан и  $\alpha$ -метилнафталин, которые применяются при первичной регулировке и калибровке установки и при определении цетановых чисел вторичных эталонов. Обычно для текущей работы применяют вторичные эталоны: газойль парафинистых нефтей с цетановым числом не менее 55 и зеленое масло с цетановым числом не более 25. Смешиванием этих продуктов получают серию образцов вторичных эталонов, отличающихся друг от друга на четыре единицы цетанового числа.

### ***Порядок выполнения работы***

#### *Определение цетановых чисел дизельных топлив*

1. Перед запуском двигателя подогреть электроподогревателем масло в картере до температуры не менее  $50^{\circ}$  и воду в системе охлаждения до состояния кипения. Затем с помощью электродвигателя запустить двигатель, предварительно повысив степень сжатия до 12–14. После запуска прогреть двигатель до стандартного режима, который характеризуется следующими показателями:

- температура охлаждающей воды,  $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- температура воды в головке форсунки,  $38 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ;
- температура воздуха на впуске в двигатель,  $65 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- температура масла в картере,  $50\text{--}65^{\circ}\text{C}$ ;
- давление впрыска, 10–40 МПа;
- угол опережения впрыска,  $13^{\circ}$  до ВМТ;
- количество впрыскиваемого топлива,  $13 \pm 0,5$  мл/мин.

Двигатель прогревается на любом дизельном топливе.

2. Испытуемое топливо залить в средний бачок и, не останавливая двигатель, выключить подачу топлива, применявшегося для прогрева, уменьшить степень сжатия и переключить трехходовой кран на подачу в двигатель испытуемого топлива.

3. Увеличивать степень сжатия до тех пор, пока не будет обеспечено воспламенение топлива. Воспламенение контролируется по виду отработавших газов, которые подаются из контрольного крана на выпускной трубе.



4. Произвести проверку и, если необходимо, отрегулировать подачу топлива в двигатель. Для этого перевести трехходовой кран в нейтральное положение, при котором питание двигателя производится из бюретки. Расход топлива должен составлять  $6,5 \pm 0,25$  мл за 30 с. Если подача топлива не равна данной величине, производят регулировку подачи верхним микрометрическим винтом.

5. Установить угол опережения впрыска топлива  $13^\circ$  до ВМТ. Для этого включают индикатор впрыска и наблюдают за положением световой полосы в смотровой трубе. Если левый конец полосы касается визирной черты, то впрыск происходит точно за  $13^\circ$  до ВМТ. Если же полоса сдвинута вправо или влево, то с помощью микрометрического винта довести световую полосу до стандартного положения.

6. Включить индикатор воспламенения и, изменяя степень сжатия в камере сгорания, добиться того, чтобы воспламенение происходило точно в ВМТ, т. е., чтобы левый конец световой полосы, соответствующий воспламенению, касался визирной черты. Записать значение степени сжатия, при котором происходит совпадение вспышек.

7. Определив степень сжатия при совпадении вспышек для испытуемого топлива, по табл. 6 можно ориентировочно судить о его цетановом числе. Знание примерного цетанового числа испытуемого топлива необходимо для облегчения подбора двух эталонов.

8. Выбрать два вторичных эталона, отличающихся между собой не более чем на 4 единицы цетанового числа, из которых один эталон – с цетановым числом, меньше ожидаемого цетанового числа испытуемого топлива, другой – больше. Иными словами, первый эталон должен давать совпадение вспышек при большей степени сжатия, чем испытуемое топливо, другой – при меньшей.

9. Выбранные эталоны залить в крайние топливные бачки. Переводя поочередно работу двигателя на эти эталоны, проверить для них производительность топливного насоса и определить степени сжатия, дающие совпадения вспышек. Если при этом окажется, что степень сжатия при совпадении вспышек не попала в вилку между степенями сжатия для эталонов, то один из них заменить эталоном с большим или меньшим цетановым числом.

10. Двигатель попеременно перевести на работу на испытуемом топливе и на выбранных эталонах, определяя при этом степень сжа-

тия при совпадении вспышек. Для получения надежных результатов эту операцию произвести трижды и взять средние значения степени сжатия.

11. Цетановое число испытываемого топлива подсчитать по формуле:

$$B = B_1 + (B_2 - B_1) \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2},$$

где  $B$  – цетановое число испытываемого топлива;

$B_1$  – цетановое число эталона, дающего совпадение вспышек при большей степени сжатия;

$B_2$  – цетановое число эталона, дающего совпадение вспышек при меньшей степени сжатия;

$\varepsilon$  – степень сжатия при совпадении вспышек на испытываемом топливе;

$\varepsilon_1$  – степень сжатия при совпадении вспышек на эталоне с цетановым числом  $B_1$ ;

$\varepsilon_2$  – степень сжатия при совпадении вспышек на эталоне с цетановым числом  $B_2$ .

Результаты подсчета цетанового числа дизельных топлив округляют до целого числа.

### ***Содержание отчета***

1. Дать определение цетанового числа.
2. Привести краткое описание установки ИТ9-3М и режима ее работы.
3. Привести предварительные результаты испытания топлива:
  - показание микрометра;
  - степень сжатия при совпадении вспышек;
  - ориентировочное цетановое число топлива.
4. Вычислить по формуле цетановое число испытываемого топлива.
5. Дать оценку результатов испытаний на соответствие норме ГОСТ.

## **Лабораторная работа № 6** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕТАНОВОГО ИНДЕКСА**

### **Цель работы:**

Изучить методику определения цетанового числа методом расчета цетанового индекса согласно ГОСТ 27768-88.

### ***Теоретические сведения***

Моторными установками для определения цетанового числа оборудованы не многие лаборатории, поэтому предложено несколько зависимостей между цетановым числом и физическими свойствами топлива. Наиболее известным является расчетный цетановый индекс, определяемый по плотности и температуре выкипания 50 % топлива. Условия определения устанавливаются ГОСТ 27768-88.

Настоящий стандарт распространяется на дизельное топливо, не содержащее присадок, повышающих цетановое число, и устанавливает метод определения цетанового индекса не более 60.

Метод заключается в определении плотности дизельного топлива при 15 °С по ГОСТ 3900-85 и средней температуры кипения 50 %-й (по объему) фракции дизельного топлива по ГОСТ 2177-99. На основе полученных данных рассчитывают цетановый индекс дизельного топлива.

Расчетный цетановый индекс рекомендуется применять для характеристики дистиллятных фракций дизельных топлив, когда нет испытательной аппаратуры или количество образца недостаточно для проведения испытаний на двигателе. Расчет цетанового индекса является дополнительным методом определения цетанового числа.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Взять пробу топлива.
2. С помощью нефтенсиметра-ариометра определить плотность дизельного топлива при 15 °С и среднюю температуру кипения 50 %-й фракции на установке фракционного разгона топлива.

## *Обработка результатов*

Цетановый индекс рассчитать по уравнению:

$$\text{ЦИ} = 454,74 - 641,416\rho + 774,74\rho^2 - 0,554t + 97,803(\lg t)^2,$$

где  $\rho$  – плотность при 15 °С, г/см<sup>3</sup>;

$t$  – температура кипения 50 %-й фракции с учетом поправки на нормальное барометрическое давление 101,3 кПа, °С.

В условиях производства оперативное определение цетанового индекса дизельного топлива может быть произведено по номограмме (прил).

### *Показатели точности*

Показатели точности при определении цетанового индекса расчетным методом зависят от точности методов определения плотности по ГОСТ 3900-85 и температуры кипения 50 %-й фракции по ГОСТ 2177-99.

В области цетановых чисел от 30 до 60 для дистиллятных дизельных топлив расчетный индекс совпадает (с 75 %-й доверительной вероятностью) с цетановым числом, с расхождением в пределах  $\pm 2$  цетановые единицы.

### *Содержание отчета*

1. Описать область применения метода, дать определение цетанового индекса.
2. Привести результаты испытаний.
3. По результатам испытаний и сравнению их с данными ГОСТ определить соответствие испытываемого топлива ГОСТу.

## Лабораторная работа № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ

### Цель работы:

Определить температуру вспышки испытуемого топлива и сравнить результаты с требованиями ГОСТ.

### *Теоретические сведения*

В стандартах на дизельное топливо температуру вспышки нормируют для ограничения количества фракций с более высоким давлением насыщенных паров. Этот показатель служит главным образом для оценки огнеопасности и потерь на испарение нефтепродуктов, что необходимо для правильной организации их хранения, оборудования складов и для других целей.

Температурой вспышки называется та минимальная температура, при нагревании до которой образующиеся пары топлива при поднесении открытого пламени дают вспышку.

Для нефтепродуктов с высокой температурой вспышки, в том числе для дизельных топлив, стандартом предусматривается определение температуры вспышки в приборе с закрытым тиглем (рис. 7.1).

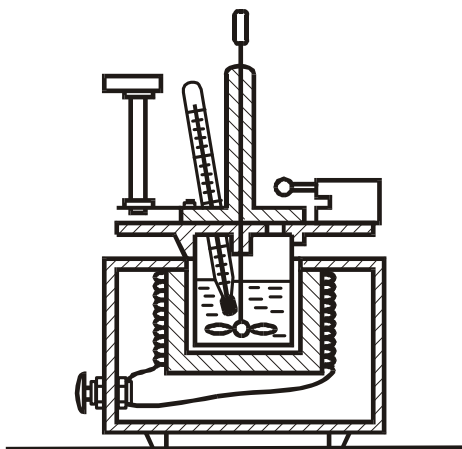


Рис. 7.1. Установка для определения температуры вспышки

Определение температуры вспышки в закрытом тигле производится по ГОСТ 6356-75.

### ***Аппаратура для выполнения работы***

При проведении определения температуры вспышки в закрытом тигле применяется прибор по ГОСТ 1421-53. Прибор состоит из чугунного резервуара, объединенного с электронагревателем. В резервуар помещается тигель с воздушным зазором, наполненный топливом. Тигель закрывается крышкой, на которой расположены горелка, рычажное приспособление, открывающее окно в крышке и одновременно наклоняющее к нему пламя горелки, мешалка с гибким тросом и термометр. Для регулирования интенсивности нагрева электронагреватель снабжен ползунковым реостатом.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Налить испытуемое топливо в тигель до кольцевой риски.
2. Установить тигель в прибор и включить электронагреватель.
3. Установить скорость нагрева в зависимости от предполагаемой величины температуры вспышки топлива. При температуре вспышки до 50 °С нагрев вести со скоростью 1 °С в минуту при непрерывном перемешивании с начала и до конца опыта. При температурах вспышки от 50° до 150 °С – вести со скоростью 5–8 °С в минуту с периодическим перемешиванием.

За 30 °С до ожидаемой температуры вспышки скорость нагрева снизить до 2 °С в минуту.

4. При температуре на 10 °С ниже ожидаемой температуры вспышки проводить испытание на вспыхивание через 1 °С для продуктов с температурой вспышки до 50 °С и через 2 °С для продуктов с температурой вспышки выше 50 °С. Топливо при этом перемешать вращением мешалки. Только в момент испытаний на вспыхивание перемешивание прекратить. Отверстие крышки открыть на 1 секунду. Если вспышка не произошла, операция повторяется.

5. За температуру вспышки принять температуру, показываемую термометром при появлении синего пламени над поверхностью нефтепродукта. После получения первой вспышки испытания продолжить до получения второй вспышки – через 1 °С для топлив

с температурой вспышки до 50 °С и через 2 °С – для нефтепродуктов с температурой вспышки выше 50 °С. При отсутствии воспроизведения вспышки опыт повторяется.

6. Расхождения между двумя параллельными определениями температур вспышки не должны превышать следующие величины отклонений от среднего арифметического сравниваемых результатов:

$$t_{\text{всп}} \leq 50^{\circ}\text{C} - \pm 1^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{всп}} > 50^{\circ}\text{C} - \pm 2^{\circ}\text{C}.$$

#### *Поправка на барометрическое давление*

При барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт. ст. на 15 мм и более, на показанную термометром температуру вспышки вводят поправку ( $\Delta t$ ), которую вычисляют по формуле.

$$\Delta t = 0,0345 \cdot (760 - P),$$

где  $P$  – фактическое барометрическое давление в мм рт. ст.

Вычисления проводят с точностью до 1 °С. Поправку прибавляют в случае барометрического давления ниже 745 мм рт. ст. и вычитают в случае барометрического давления выше 775 мм рт. ст. В табл. 7.1 даны поправки, вычисленные с точностью до 1 °С по указанной выше формуле.

Таблица 7.1

#### *Поправка температуры вспышки на барометрическое давление*

| Барометрическое давление $P$ , мм. рт. ст. | Поправка $\Delta t$ , °С |
|--|--------------------------|
| 630–658                                    | +4                       |
| 659–687                                    | +3                       |
| 688–716                                    | +2                       |
| 717–745                                    | +1                       |
| 775–803                                    | -1                       |

### *Содержание отчета*

1. Изобразить схему прибора. Описать область применения метода, дать определение температуры вспышки.
2. Привести результаты испытаний.
3. По результатам испытаний и сравнению их с данными ГОСТ, определить соответствие испытуемого топлива ГОСТу.



## Лабораторная работа № 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ОТКРЫТОМ ТИГЛЕ

### Цель работы:

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы регистратора автоматической температуры вспышки нефтепродуктов «Вспышка-А».

2. Изучить методику определения температуры вспышки дизельного топлива с помощью анализатора и сравнить полученный результат с ГОСТ.

### *Теоретические сведения*

#### *Описание и принцип работы регистратора*

Регистратор автоматической температуры вспышки нефтепродуктов «Вспышка-А» (рис. 8.1) реализует определение температуры вспышки как в закрытом, так и в открытом тигле в лабораторных условиях.



Рис. 8.1. Регистратор автоматической температуры вспышки нефтепродуктов «Вспышка-А»

Принцип действия регистратора основан на методе, заключающемся в нагреве пробы нефтепродукта в открытом тигле с установленной скоростью до вспышки паров нефтепродукта над его по-

верхностью и фиксацией температуры вспышки в соответствии с ГОСТ 4333-87 и ГОСТ 6356-75.

Регистратор состоит из металлического корпуса, внутри которого находится блок нагревателя и поджига, выпрямительный блок, понижающий трансформатор и блок электроники и термостатирования.

Блок нагрева и поджига, в свою очередь состоит из:

- разрядника высоковольтной искры;
- измерительной термопары;
- термопары фиксации момента вспышки;
- нагревателя;
- двигателя;
- вкладышей для организации режима «открытый» и «закрытый» тигль.

Объем пробы и конструкция нагревателя обеспечивают равномерный нагрев нефтепродукта до вспышки паров над его поверхностью без перемешивания. На передней панели корпуса находятся клавиши управления и дисплей для отображения температуры нагрева.

#### *Назначение клавиш регистратора*

- 1) «ТЕМП» – устанавливает режим измерения текущей температуры;
- 2) «ЗВУК» – включает и выключает звуковую сигнализацию;
- 3) «ЗАКР» и «ОТКР» – задвигают и выдвигают платформу с нагревателем;
- 4) «РЕЖИМ» – устанавливает необходимый режим работы регистратора:
  - режим «открытый тигль», метод А по ГОСТ 4333-87;
  - режим «закрытый тигль» по ГОСТ 6356-75;
- 5) «t °Свсп» – осуществляет набор предполагаемой температуры вспышки;
- 6) «СТОП» – прерывает работу процессора для исправления ранее набранной команды или прекращения опыта;
- 7) «ПУСК» – осуществляет запуск набранной команды;
- 8) «УСК.» – устанавливает режим ускоренного определения предполагаемой температуры вспышки;
- 9) «F1, F2, F3, F4» – используются при пуско-наладочных работах и в процессе метрологической поверки.

## *Порядок выполнения работы*

### *Порядок подготовки регистратора к работе*

1. Регистратор установить на рабочее место (желательно в вытяжной шкаф) вдали от источников вибрации, нагревательных приборов и сильных потоков воздуха. Регулируя ножки, добиться устойчивого и строго горизонтального положения регистратора.

2. Горизонтальность установки проверять по зеркалу воды, залитой в тигель до риски внутри тигля, установленного в нагреватель.

3. Установить в гнездо в верхней крышке регистратора обезжиренный и просушенный вкладыш – «ОТКРЫТЫЙ» (с прорезями) или «ЗАКРЫТЫЙ» (с глухой верхней крышкой), совместив прорези на вкладыше с выступающими керамическими трубками реактивной камеры.

4. Подключить регистратор шнуром питания в сеть и включить выключатель «СЕТЬ». На табло буквенно-цифрового индикатора «Информация» (БЦИ) появляется сообщение:

- «Вспышка А»;
- «ЗДРАВСТВУЙТЕ!».

При этом каретка прибора (платформа с нагревателем) начинает движение в сторону открытия. Как только каретка остановится в открытом положении, на БЦИ высвечивается информация:

- «\*Главное меню\*»;
- «Выберите функцию».

Это исходное положение (ИП) регистратора. В этом положении нажатием кнопки регистратора выбирают функцию главного меню (ГМ). Чтобы войти в программу нужной функции необходимо нажать кнопку «Пуск». При нажатии кнопки «Стоп» происходит возврат в ИП.

5. Дать регистратору возможность прогреться в течение 10 мин.

6. После этого регистратор готов к работе.

### *Порядок работы с регистратором*

1. Обезжирить и высушить тигель.

2. Исследуемое вещество перед испытанием перемешать в течение 5 мин встряхиванием в склянке, заполненной не более чем на 2/3 объема.

Исследуемые вещества, имеющие температуру вспышки ниже 37 °С, охладить до температуры, которая не менее чем на 17 °С ниже предполагаемой температуры вспышки.

3. Заполнить тигель исследуемым веществом до верхней риски так, чтобы верхний мениск точно совпадал с риской. При наполнении тигля выше риски избыток нефтепродукта удалить пипеткой или другим соответствующим приспособлением. Не допускается смачивание стенок тигля выше уровня жидкости.

4. Вставить тигель в нагреватель регистратора.

5. Ознакомиться с инструкцией по порядку работы с клавиатурой.

6. Произвести набор команды работы регистратора в следующей последовательности:

– нажать клавишу «РЕЖИМ» и установить необходимый режим работы;

– нажать последовательно клавиши «t °С» и «ПУСК»;

– набрать клавишами цифрового поля предполагаемую температуру вспышки;

– нажать клавишу «ПУСК», при этом платформа нагревателя двигается в рабочее пространство БНП, а светодиод «НАГРЕВ» начинает мигать с некоторой скважностью.

Скважность мигания зависит от подаваемой на нагреватель мощности и может меняться в процессе опыта.

Срабатывание звукового сигнала после начала движения каретки в сторону закрытия свидетельствует о плохой фиксации вкладыша на верхней крышке регистратора. Для устранения этого необходимо:

1) нажать два раза клавишу «СТОП»;

2) легким нажатием зафиксировать вкладыш на верхней крышке до упора;

3) нажать клавишу «ПУСК».

Отсутствие звукового сигнала будет свидетельствовать об устранении недостатка.

Дальнейшая работа регистратора вплоть до завершения опыта происходит автоматически.

Если предполагаемая температура вспышки неизвестна, необходимо провести ее определение, воспользовавшись режимом ускоренного определения температуры вспышки. Для этого необходимо:

1) провести операции, описанные ранее в начале порядка работы регистратора (п. 1–4);

2) нажать клавиши «УСК» и «ПУСК», при этом регистратор начнет производить поджиг смеси и определение температуры вспышки через 5 °С от начала нагрева до завершения опыта;

3) после завершения опыта охладить нагреватель и тигель, заполнить тигель новой порцией того же вещества и нажать последовательно клавиши «t °С» и «ПУСК».

*Примечание:*

Если во время набора команды «t °С» предполагаемая температура вспышки была выбрана неправильно, то в процессе нагрева после превышения на 15 °С (в режиме «ЗАКРЫТЫЙ») или на 20 °С (в режиме «ОТКРЫТЫЙ») предполагаемой температуры вспышки, работа регистратора прекращается и на БЦИ появится сообщение «Ошибка № 03-».

Если во время набора команды «t °С» в режиме «ЗАКРЫТЫЙ» предполагаемая температура вспышки набрана выше 255 °С, на БЦИ появится сообщение «Ошибка № 04-».

Если во время набора команды «t °С» в режиме «ОТКРЫТЫЙ» предполагаемая температура вспышки набрана выше 341 °С, на БЦИ появится сообщение «Ошибка № 05-».

Кроме этого, два сообщения указывают на неисправности узла подачи пробы в БНП: «Ошибка № 01-» – платформа с нагревателем не выдвинулась из БНП в нужное положение; «Ошибка № 01-» – платформа с нагревателем не вдвинулась в БНП в нужное положение.

*Поправка на барометрическое давление*

При барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт. ст. на 15 мм и более вводится поправка на показанную температуру вспышки регистратором, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta t = 0,0345 \cdot (760 - P),$$

где  $P$  – фактическое барометрическое давление в мм рт. ст.

Вычисления проводят с точностью до 1 °С. Поправку прибавляют в случае барометрического давления ниже 745 мм рт. ст. и вычитают в случае барометрического давления выше 775 мм рт. ст.

## *Содержание отчета*

1. Цель работы.
2. Дать схему прибора. Описать область применения метода, дать определение температуры вспышки.
3. Изучить порядок работы клавиатуры регистратора.
4. Ознакомиться с методикой определения температуры вспышки нефтепродукта и произвести испытание заданной пробы топлива. По результатам испытаний произвести сравнение испытуемого топлива с требованием ГОСТ.
5. Сделать заключение о проведенных испытаниях.

## Лабораторная работа № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА

### **Цель работы:**

1. Определить кинематическую вязкость масла при температурах 100 °С, 50 °С и 20 °С;
2. Построить вязкостно-температурную характеристику масла; определить значение  $\nu_{50} / \nu_{100}$ , индекс вязкости и класс вязкости, к которой принадлежит данное масло.

### *Теоретические сведения*

Вязкость является одним из основных параметров, характеризующих эксплуатационные свойства моторных масел.

Так как в двигателях внутреннего сгорания масло работает в широком диапазоне температур, необходимо, чтобы при рабочих температурах оно обладало достаточной вязкостью, обеспечивающей надежность масляного слоя, а при пониженных температурах имело бы хорошую подвижность и возможно меньшую вязкость.

Вязкость масел при понижении температуры возрастает, а при повышении – снижается. Особенно быстро вязкость изменяется при низких температурах. Чем более полого протекает вязкостно-температурная кривая, называемая вязкостно-температурной характеристикой масла, т. е. чем меньше изменяется вязкость при изменении температуры, тем лучше будут эксплуатационные качества масла.

Вязкостно-температурные свойства масел нормируются по стандарту величиной кинематической вязкости при 100 °С и максимально допустимым отношением кинематической вязкости при 50 °С к кинематической вязкости при 100 °С, а для зимних масел – предельными значениями вязкости при 0 °С.

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одних слоев относительно других под действием внешних сил. Величину вязкости измеряют в динамических и кинематических единицах.

Единицей динамической вязкости является паскаль-секунда – динамическая вязкость среды, касательное напряжение в которой при ламинарном течении и при разности скоростей слоев, находя-

щихся на расстоянии 1 м по нормали к направлению скорости, равной 1 м/с, равно 1 Па. Паскаль-секунда (Па·с) – значительна по своему размеру и, поэтому для выражения динамической вязкости жидкости целесообразно применять дольную единицу – миллипаскаль-секунду (мПа·с). Так, например вода при 20 °С имеет динамическую вязкость 1,01 мПа·с, ртуть – 1,59, бензол – 0,65, метиловый спирт – 0,59 мПа·с.

Вязкость моторных масел обычно выражают в единицах кинематической вязкости. Кинематической вязкостью называется отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности при температуре определения. Размерность кинематической вязкости – м<sup>2</sup>/с, мм<sup>2</sup>/с. В старых единицах (СГС) кинематическую вязкость измеряли в стоксах (Ст) или сантистоксах (сСт). Размерность стока – см<sup>2</sup>/с. Вязкость дистиллированной воды при 20 °С составляет 1 сСт.

Для нефтепродуктов наиболее распространено определение кинематической вязкости с помощью капиллярных вискозиметров (рис. 9.1).

Метод определения кинематической вязкости жидкости с помощью капиллярных вискозиметров основан на том, что вязкость жидкости прямо пропорциональна времени протекания одинаковых количеств через один и тот же капилляр, обеспечивающий ламинарность потока. Капиллярный вискозиметр представляет собой стеклянную U-образную трубку, в одном колене которой имеются два калиброванных объема, переходящих в капиллярную трубку, а в другом колене имеется расширенная емкость для нагревания масла. Вискозиметры калибруют на заводе-изготовителе, поэтому к каждому прибору прилагается паспорт, в котором указан диаметр капилляра и постоянная вискозиметра «С», выраженная в сСт/с. Умножив постоянную вискозиметра на время (в секундах) движения жидкости из одного объема, получают значение кинематической вязкости при температуре определения, т. е.

$$v = \tau \cdot C,$$

где  $v$  – кинематическая вязкость в сСт;

$C$  – постоянная вискозиметра, сСт/с;

$\tau$  – время движения жидкости через капилляр, с.



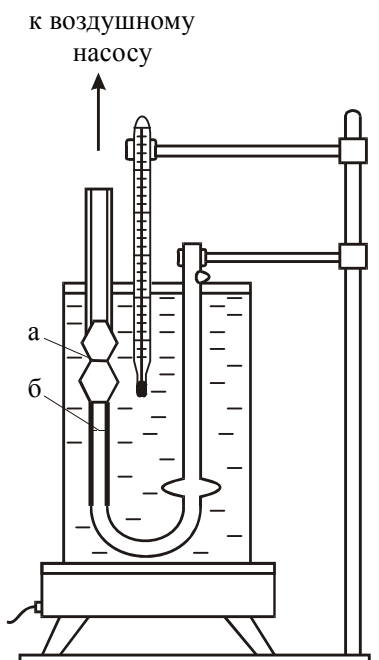


Рис. 9.1. Прибор для определения кинематической вязкости

### ***Порядок выполнения работы***

1. Установить вискозиметр в водяной бане так, чтобы капилляр был в строго вертикальном положении и верхняя метка «а» была ниже уровня воды.

2. Нагреть до требуемой температуры и поддерживать ее постоянной в течение 5–10 минут, чтобы масло, находящееся в вискозиметре, приняло температуру воды.

3. С помощью резиновой трубки и вакуум-насоса осторожно засосать масло выше метки «а» между расширениями, следя за тем, чтобы не образовывались пузырьки воздуха и разрывы слоя масла, а также не произошло засасывание масла в резиновую трубку.

4. Отсоединить резиновую трубку от вакуум-насоса и наблюдать за перетеканием масла. Когда его уровень достигнет метки «а», включить секундомер и остановить его, когда уровень масла минует метку «б». Записывая время, отмеченное секундомером, повторить

испытание при каждой температуре, подсчитав затем среднее арифметическое для 100 °С, 50 °С и 20 °С. Данные отдельных замеров не должны отличаться от среднеарифметического более чем на 0,5 %.

5. Среднее время перетекания масла в секундах  $\tau$  при каждой температуре умножить на постоянную вискозиметра  $C$ , приведенную в паспорте и определить кинематическую вязкость:

$$v = \tau \cdot C.$$

6. По полученным значениям кинематической вязкости при температурах 20 °С, 50 °С и 100 °С построить график (вязкостно-температурную характеристику), откладывая по оси абсцисс температуру, а по оси ординат – вязкость.

7. Значение кинематической вязкости при 100 °С сравнить с требованиями ГОСТ и сделать вывод о принадлежности масла к тому или иному классу.

8. Определить отношение  $v_{50} / v_{100}$ .

9. По номограмме (рис. 9.2) определить индекс вязкости масла.

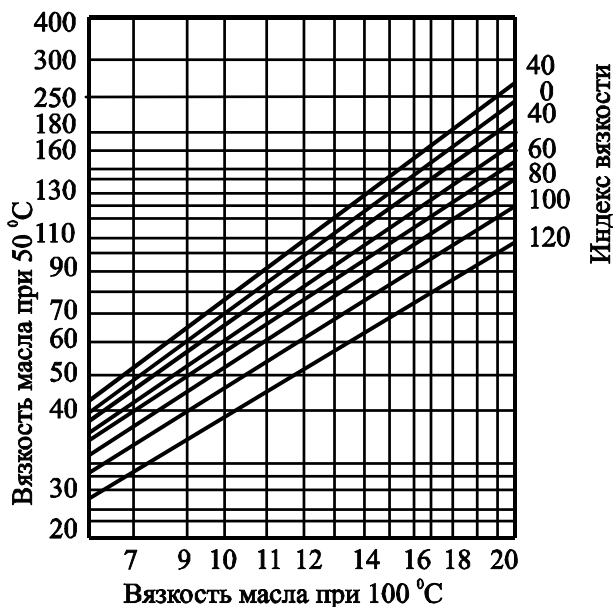


Рис. 9.2. Номограмма для определения индекса вязкости масла

### *Содержание отчета*

1. Дать определение вязкости и краткое описание метода ее определения.
2. Привести схему лабораторной установки для определения вязкости масла.
3. Привести таблицу испытаний.
4. Построить вязкостно-температурную характеристику испытуемого масла.
5. Привести значения индекса масла и отношение  $v_{50}/v_{100}$ .

## **Лабораторная работа № 10** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КАПЛЕПАДЕНИЯ** **КОНСИСТЕНТНОЙ СМАЗКИ**

### **Цель работы:**

Определить температуру каплепадения испытуемой консистентной смазки с последующим ориентировочным определением по этой температуре ее марки.

### *Теоретические сведения*

При повышении температуры происходит изменение показателей ряда свойств консистентных смазок, а при достижении определенной для каждой смазки температуры она начинает плавиться.

Плавление консистентной смазки является следствием разрушения ее структуры и перехода из мазеподобного состояния в жидкое в довольно широком интервале температур. Поэтому для оценки температурной стойкости консистентной смазки конкретным числовым показателем введено определение «температура каплепадения».

Температурой каплепадения консистентной смазки называется такая температура, при которой происходит падение первой капли расплавленной смазки из калиброванного отверстия прибора, нагреваемого в определенных условиях.

Ориентировочно считают, что консистентные смазки во избежание их плавления можно применять в механизмах, рабочая температура которых на 15–20 °С ниже, чем температура каплепадения смазки, выбранной для данного механизма.

Испытуемая смазка, нагретая в определенных условиях, размягчается до такого состояния, при котором происходит образование капли и ее падение. Определение температуры каплепадения проводится на специальном приборе (ГОСТ 6793-74), схематически изображенном на рис. 10.1.

Основной деталью прибора является термометр, к нижней части которого прикреплена металлическая гильза. В гильзе силами трения удерживается стеклянная чашечка, в донной части которой имеется калиброванное отверстие, через которое может вытекать расплавленная смазка. Термометр при помощи пробки закрепляется внутри пробирки и помещается в сосуд с водой, установленный на электроплите.

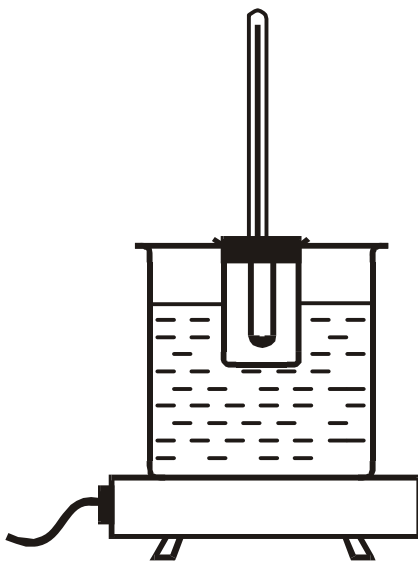


Рис. 10.1. Прибор для определения температуры каплепадения консистентных смазок

### ***Порядок выполнения работы***

1. Вынуть чашечку из прибора и при помощи шпателя плотно заполнить ее исследуемой смазкой. При этом необходимо следить за тем, чтобы в смазку, находящуюся в чашечке, не попали пузырьки воздуха. Излишек смазки необходимо удалить шпателем или ножом.

2. Вставить чашечку в гильзу до упора и снять выдавленную ртутным шариком смазку заподлицо с нижним обрезом чашечки.

3. Вставить термометр с чашечкой в пробирку так, чтобы расстояние от низа чашечки до дна пробирки составляло 25 мм.

4. Погрузить пробирку с прибором вертикально в сосуд с водой и закрепить так, чтобы глубина погружения была равна 150 мм.

5. Нагреть воду в сосуде так, чтобы ее температура повышалась со скоростью 1 °С в минуту. Воду в сосуде периодически помешивать специальной мешалкой.

6. Отметить температуру, при которой размягченная смазка начинает выступать из чашечки – температуру каплеобразования или размягчения.

7. Отметить температуру, при которой падает первая капля испытуемой смазки – температуру каплепадения. Если смазка не образует капли, а выступает из чашечки в виде цилиндрического столбика, за температуру каплепадения принимают температуру, при которой выходящий столбик смазки коснется дна пробирки. Полученный результат округляют до целых единиц. Допускаемое расхождение между двумя опытами не более 1 °С.

8. Отключить электроплитку, разобрать и вычистить прибор, убрать рабочее место.

### ***Содержание отчета***

1. Дать определение температуры каплепадения.
2. Дать краткое описание выполнения работы.
3. Привести схему прибора, на котором проводились испытания.
4. Привести результаты испытаний.
5. Сравнить полученные результаты с ГОСТ на консистентные смазки.

## **Лабораторная работа № 11** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ** **КОНСИСТЕНТНОЙ СМАЗКИ**

### **Цель работы:**

Определить предел прочности консистентной смазки на пластометре К-2 с последующим ориентировочным определением ее марки.

### *Теоретические сведения*

Одним из важнейших показателей консистентных смазок являются механические свойства. От них зависит сопротивляемость смазок вытеканию из узлов трения, усилия, затрачиваемые на преодоление внутреннего трения смазки, возможности применения смазки в тех или иных условиях и другие эксплуатационные показатели.

Предел прочности смазки характеризует ее упругопластические свойства и оценивается минимальным напряжением сдвига, необходимым для того, чтобы консистентная смазка приобрела свойства вязкой жидкости, т. е. при достижении предела прочности под действием внешних сил разрушается каркас смазки, в результате чего в смазке устанавливается течение.

Пределом прочности консистентной смазки называется минимальное напряжение сдвига, соответствующее критическому состоянию смазки. Предел прочности уменьшается с повышением температуры и при температуре плавления смазки он равен нулю. Абсолютная величина предела прочности большинства консистентных смазок невелика и при температуре от 20 °С до 120 °С находится в пределах 50–2000 Па. Консистентные смазки должны иметь минимальный предел прочности не ниже 100–200 Па при наибольшей температуре применения. При недостаточном пределе прочности будет наблюдаться усиленный сброс смазки с движущихся деталей под действием инерционных сил и ее сползание с вертикальных и наклонных поверхностей под влиянием силы тяжести. Слишком высокий предел прочности также нежелателен, т. к. плотные слои смазки плохо поступают к трущимся поверхностям.

Сущность метода определения заключается в определении давления, при которой при заданной температуре 50 °С происходит сдвиг смазки в капилляре пластометра. Пластометр К-2 (рис. 11.1) состоит

из корпуса с выступом для установки оправки с капилляром и гайкой для ее закрепления, и оправки, в которую вставляется капилляр.

Капилляр представляет собой разрезную бронзовую трубку длиной 100 мм, внутри которой имеется резьба. Внутренний диаметр капилляра – 4 мм.

На верхней части корпуса прибора находится защитное стекло. Капилляр с помощью трубок соединен с манометром, воронкой и резервуаром с маслом. Электродпечь служит для подогрева до нужной температуры масла в резервуаре.

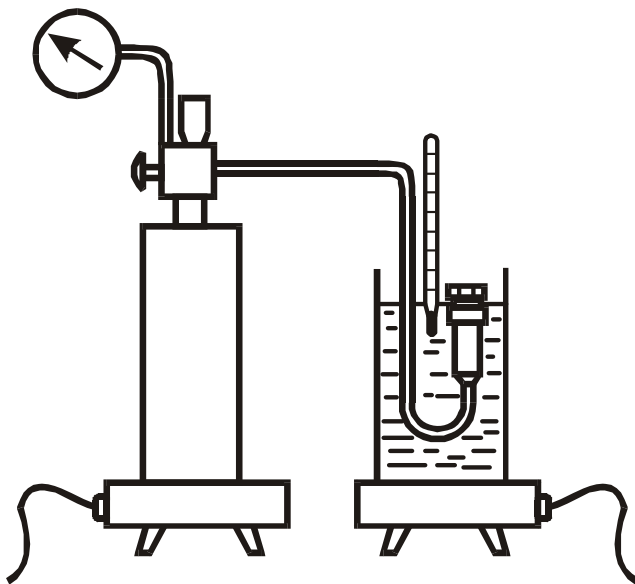


Рис. 11.1. Пластометр К-2

### ***Порядок выполнения работы***

1. Вынуть капилляр из оправки, разделить его на две половины и каждую из них заполнить испытуемой смазкой так, чтобы в капилляре не было пустот.

2. Смазать испытуемой или более тугоплавкой смазкой наружную поверхность капилляра и вставить в оправку, медленно вращая и продвигая его вдоль оси.



3. Надеть на нижний и верхний обрезы буртика оправки резиновые прокладки, вставить оправку в корпус пластометра и плотно зажать гайкой. Установить защитное стекло.

4. Поместить корпус пластометра в водяную баню так, чтобы уровень жидкости в ней был на 30 мм выше поверхности конца капилляра.

5. Открыть вентиль и включить плитку подогрева воды, чтобы температура воды достигла 50 °С.

6. Закрыть вентиль и включить плитку подогрева масляного резервуара. Следить, чтобы скорость повышения давления не превышала 5 Па в минуту. Скорость можно регулировать путем поднятия или опускания электропечи вдоль резервуара с маслом.

7. Отметить значение максимального давления по манометру и после того, как оно начнет снижаться, что свидетельствует о разрушении смазки – смазка «потекла», отключить плитку, вынуть оправку с капилляром и очистить его от смазки.

8. Вычислить значение предела прочности:

$$\tau_{50} = \frac{P \cdot r}{2l} \cdot 10^5 \text{ (Па)},$$

где  $P$  – максимальное давление по манометру, Па;

$r$  – радиус капилляра, см;

$l$  – длина капилляра, см.

### ***Содержание отчета***

1. Дать определение предела прочности консистентной смазки.

2. Привести схему прибора и дать краткое описание порядка проведения работы.

3. Привести результаты испытаний и сравнить их с требованиями ГОСТа.

## **Лабораторная работа № 12** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПЕНЕТРАЦИИ СМАЗКИ**

### **Цель работы:**

Определить число пенетрации смазки с последующим ориентировочным определением ее марки.

### ***Теоретические сведения***

Контроль густоты пластичных смазок, в какой-то степени отражающей их структурно-механические свойства, производится определением пенетрации – глубины (в десятых долях миллиметра) погружения конуса пенетromетра в смазку за 5 с под действием массы 150 г.

Число пенетрации – условный показатель. Оно не имеет физического смысла и не определяет эксплуатационные свойства смазок. По числу пенетрации нельзя судить ни о прочности, ни о вязкостных свойствах смазки.

По пенетрации (числу проницаемости), характеризующей степень мягкости или консистенцию смазки, судят о рабочих свойствах смазки, возможности ее применения в различных механизмах, а также о способности удерживаться в узлах трения. Показатель применяется для контроля над производством уже испытанных консистентных смазок.

Изменение числа пенетрации смазки при хранении указывает на изменение ее структуры.

Пластичные смазки имеют при 20 °С число пенетрации от 170 до 360. Чем мягче смазка, тем больше число пенетрации.

### ***Порядок выполнения работы***

#### *Подготовка к испытанию*

В стакан смесителя вмазыванием загрузить испытуемую смазку в таком количестве, чтобы она заполнила весь объем стакана и выступала в виде шарового сектора с высотой 15 мм. При вмазывании смазки необходимо следить, чтобы в ней не оставалось карманов воздуха.

После заполнения стакана смесителя испытуемой смазкой, следует плотно завинтить крышку, погрузить его в ванну и выдержать

в течение 1 ч при температуре испытания, установленной стандартом или техническими условиями на испытываемую смазку. Стакан погрузить так, чтобы жидкость в ванне покрывала его полностью, включая и крышку, но не более чем на 10 мм выше отверстия в крышке, через которое проходит шток диска.

По истечении срока выдерживания вынуть стакан из ванны, прикрепить его к подставке, а рукоятку смесителя – к рычагу и перемешать смазку попеременным поднятием и опусканием рукоятки 60 раз в течение 1 мин.

После перемешивания смазки отвинтить крышку и снова погрузить открытый стакан смесителя в ванну на 15 мин при температуре испытания 25 °С и на 30 мин – при более высокой температуре.

Стакан погрузить так, чтобы жидкость в ванне достигла резьбы стакана, но не была выше его края.

Примечания: твердые смазки испытываются без предварительного перемешивания, если это оговорено в стандарте или технических условиях на испытываемую смазку. В этом случае вырезают брусок смазки размером 100×100×60 мм и помещают его в металлическую коробку, которую закрывают крышкой.

Закрытую коробку со смазкой погружают в ванну, в которой ее выдерживают в течение 1 ч при температуре испытания. По истечении 1 ч снимают крышку с коробки и оставляют коробку в ванне в таком положении, чтобы жидкость была близко к краю коробки, но не выше его.

Перед помещением в смеситель или коробку смазка должна иметь комнатную температуру.

Если разность между комнатной температурой и температурой испытания больше 25 °С, то после перемешивания смазки стакан смесителя погружают в ванну, не отвинчивая крышки, которую отвинчивают после выдерживания в ванне в течение 30 мин.

### *Проведение испытания*

Ванну с находящимся в ней открытым стаканом (или коробкой) поместить на столик пенетрометра (рис. 12.1) и тщательно выровнять ножом поверхность смазки (избыток смазки снять).

Температуру жидкости в ванне нужно поддерживать с точностью  $\pm 0,5$  С.

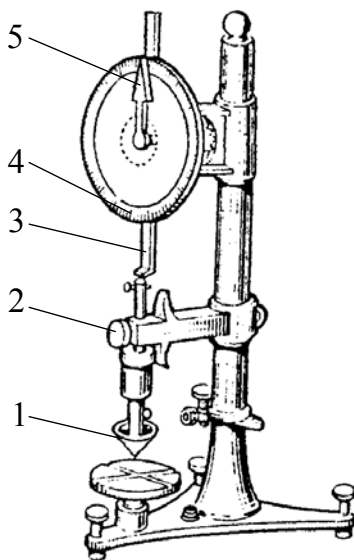


Рис. 12.1. Прибор для определения пенетрации

Конус *1* установить так, чтобы его наконечник касался поверхности смазки в центре стакана. При этом необходимо предотвратить возможность соприкосновения конуса со стенкой стакана.

После установки конуса кремальеру *3* опустить до соприкосновения с плунжером, в котором закреплен хвостовик конуса, и поставить стрелку *5* циферблата *4* на нуль.

Одновременно пустить в ход секундомер и нажать пусковую кнопку *2* пенетromетра, давая конусу *1* свободно погружаться в смазку в течение 5 с, после чего отпустить кнопку, прекращая этим погружение конуса.

При погружении в смазку конус не должен касаться стенок стакана смесителя или коробки.

Затем снова опустить кремальеру *3* до соприкосновения с плунжером. При этом вместе с кремальерой будет передвигаться и стрелка *5* на циферблате *4*.

После отсчета показаний стрелки на шкале циферблата приподнять кремальеру и плунжер с конусом, тщательно очистить конус от смазки ватой, смоченной бензином, и насухо вытереть, подготовив таким образом пенетрометр к повторному испытанию.

Перед повторным испытанием перемешанного образца поверхность смазки в стакане смесителя выровнять, следя за тем, чтобы не образовалось воздушных карманов, и изменить место соприкосновения наконечника со смазкой.

Если образец смазки не перемешивался, следует немного передвинуть коробку.

За результат испытания принять среднее арифметическое результатов трех определений для смазок с пенетрацией до 200 и пяти для смазок с пенетрацией 200 или выше, округленное до значений, кратных пяти.

Допускаемые расхождения между параллельными определениями не должны превышать 12 единиц для испытаний без перемешивания и 8 единиц для испытаний с перемешиванием смазки.

### ***Содержание отчета***

1. Дать определение пенетрации.
2. Привести схему прибора и дать краткое описание порядка проведения работы.
3. Привести результаты испытаний и сравнить их с требованиями ГОСТа.

## **Лабораторная работа № 13** **КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ** **В НЕФТЕПРОДУКТАХ**

### **Цель работы:**

Определить качественное наличие воды в нефтепродуктах.

### *Теоретические сведения*

Все углеводородные жидкости гигроскопичны, т. е. способны растворять в себе воду.

Растворимость воды в углеводородных жидкостях зависит от химического строения жидкости и их молекулярной массы, парциального давления пара над жидкостью и температуры. Так, например, растворимость воды в ароматических углеводородных жидкостях выше, чем в нафтеновых и парафиновых. С увеличением молекулярной массы растворимость воды в углеводородных жидкостях несколько падает, наиболее заметно это у ароматических углеводородов. С ростом температуры растворимость воды в углеводородах увеличивается, причем более значительно у ароматических углеводородов. Растворимость воды в углеводородных жидкостях прямо пропорциональна парциальному давлению паров воды над жидкостью и подчиняется закону Генри. Вода в нефтепродуктах может находиться в трех фазовых состояниях: растворенная, эмульсионная и свободная. Переход из одного фазового состояния в другое определяется внешними условиями (давлением и температурой).

Каждая углеводородная жидкость может содержать в себе строго определенное максимальное количество воды в растворенном состоянии. Дальнейшее увеличение влажности приводит к ее выпадению в эмульсионное состояние. Граница перехода зависит от температуры, с увеличением которой количество воды в растворенном состоянии может быть больше. Вода в эмульсионном состоянии заметна невооруженным глазом. Она равномерно распределена в объеме нефтепродукта в виде микрокапель воды. В таком состоянии наибольшую опасность вода представляет при эксплуатации топливных систем, т. к. при отрицательных температурах она превращается в микрокристаллы льда, способные закупорить фильтрующие элементы системы.

Дальнейшее увеличение влажности приводит к укрупнению микрокапель воды и их оседанию на дно емкостей.

Вода переходит в свободное состояние. Наибольшую опасность такая вода представляет при эксплуатации масляных систем, т. к. рабочая температура масла, как правило, выше 100 °С. Вода на дне емкости масла вскипает и приводит к вспениванию масла. При резком нагревании может произойти выброс масла в атмосферу через дренажную систему. Кроме того, наличие воды в нефтепродуктах способствует увеличению их коррозионной активности по отношению к металлам.

С целью устранения нежелательных проявлений воды в нефтепродуктах используют различные конструктивные и физико-химические методы.

Для контроля воды в нефтепродуктах применяют количественные и качественные методы анализа.

Наличие эмульсионной и свободной воды в маслах и жидкостях для гидравлических систем можно определить визуально. Испытуемый нефтепродукт предварительно разбавляют четырехкратным количеством чистого авиабензина Б-70. Пробу энергично встряхивают и быстро наливают в цилиндр из бесцветного прозрачного стекла диаметром 40–45 мм. Рассматривать пробу необходимо через 1–2 мин., когда поднимутся пузырьки увлеченного топливом воздуха. Наличие в пробе эмульсионной воды делает ее непрозрачной. При этом заметны мелкие капли воды, распределенные по всему объему. Свободная вода находится на дне сосуда с заметным разделом границы между пробой и водой.

Другой качественный метод определения воды в маслах, маслосмесях и жидкостях для гидравлических систем основан на создании температурных условий, при которых проявляется наличие незначительных количеств воды: наблюдается потрескивание при разрывании пузырьков водяного пара при выходе их на поверхность нагретого масла (ГОСТ 1547-84).

Испытание проводится с помощью масляной бани (рис. 13.1), представляющей собой цилиндрический сосуд диаметром 100 мм и высотой 90 мм, снабженной металлической крышкой. К внутренней стороне крышки на расстоянии 80 мм от нее прикреплен с помощью металлической стойки, проходящей по центру, металлический круг. В крышке и соответственно в круге сделано отверстие

для термометра и пробирки с нефтепродуктом. Пробирку разрешается нагревать, перемещая ее в наклонном положении над небольшим пламенем горелки.

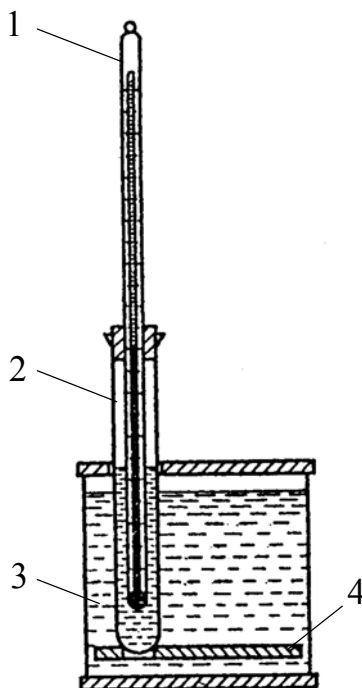


Рис. 13.1. Прибор для качественного определения воды в маслах

### ***Порядок выполнения работы***

#### *Определение воды в маслах и жидкостях для гидросистем*

Баню залить минеральным маслом с температурой вспышки не ниже 240 °С и нагреть до температуры 175<sup>+5</sup> °С. В чистую и сухую стеклянную пробирку диаметром 14–16 мм и длиной 120–150 мм налить испытуемое масло до высоты 80–90 мм. Закрывать пробирку пробкой, в отверстие которой вставлен сухой термометр так, чтобы его шарик находился на высоте 20–30 мм от дна пробирки. Пробка должна иметь вырез для выхода воздуха. Пробирку с испытуемым



маслом поместить в баню и нагревать в течение нескольких минут до температуры 150 °С. При наличии влаги в испытуемом масле оно пенится, слышится треск, пробирка вздрагивает, а слой масла на стенках пробирки мутнеет. Наличие влаги считается установленным, если явственный треск слышен не менее двух раз.

### *Определение воды в смазках*

Метод основан на создании температурных условий, при которых проявляется наличие воды в смазке.

В химическую пробирку диаметром 16–21 мм и высотой 150–180 мм, предварительно тщательно промытую водой и просушенную теплым воздухом, используя сухую стеклянную палочку, поместить испытываемую смазку до высоты 40–60 мм. Для облегчения введения густых смазок слегка подогреть верхнюю часть пробирки, после чего комки смазки, частично расплавляясь у стенок, опустятся на дно.

Пробирку закрыть пробкой с вырезом, в отверстие которой вставлен термометр. Последний поместить в смазку с таким расчетом, чтобы ртутный шарик находился примерно на равном расстоянии от стенок пробирки и на 20 мм ниже уровня смазки.

Подготовленную пробирку со смазкой нагреть, перемещая ее в наклонном положении, над небольшим пламенем горелки. Скорость повышения температуры вначале (до полного расплавления смазки и удаления из нее воздуха) поддерживают в пределах 10–20 °С в минуту. После того как вся масса смазки расплавится, нагрев следует ускорить до 70 °С в минуту и закончить при температуре 180 °С. Появление толчков и треска при нагревании расплавленной смазки указывает на наличие следов воды.

### *Содержание отчета*

1. Дать краткое теоретические сведения о содержании воды в нефтепродуктах.
2. Привести схему прибора и дать краткое описание порядка проведения работы.
3. Привести результаты испытаний и сравнить их с требованиями ГОСТа.

## Лабораторная работа № 14 КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В НЕФТЕПРОДУКТАХ

### **Цель работы:**

Определить концентрацию воды в присадках, топливах, маслах и смазках (ГОСТ 2477-65).

### *Порядок выполнения работы*

#### *Подготовка пробы*

Пробу испытуемого масла хорошо перемешать пятиминутным встряхиванием в склянке, заполненной не более чем на  $\frac{3}{4}$  емкости.

В сухую колбу аппарата АКОВ-2 или АКОВ-10 поместить навеску масла  $100^{+1}$  г. Затем в колбу добавить  $100 \text{ см}^3$  обезвоженного и отфильтрованного растворителя (фракция 100–200 °С), тщательно перемешать содержимое до полного растворения, добавить в колбу несколько кусочков неглазурированного фаянса или фарфора, или несколько капилляров длиной 5–10 мм.

Воду в консистентных смазках определить аналогично, отличие заключается лишь в приготовлении пробы. С поверхности образца испытуемой смазки шпателем снять и отбросить верхний слой (не менее 10 мм), а затем в нескольких местах (не менее трех) не вблизи стенок сосуда взять примерно одинаковые пробы. Пробы сложить вместе в фарфоровую чашку и тщательно перемешать. Количество пробы, взвешенной с точностью 0,02 г, необходимой для анализа –  $25^{+0,25}$  г.

#### *Проведение испытания*

Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта с нерастворимым в воде растворителем и измерении объема конденсированной воды (ГОСТ 2477-65).

Количественное определение воды в маслах осуществляется прибором Энглера (рис. 7).

Колбу 1 при помощи шлифа плотно присоединить к отводной трубке чистого и сухого приемника ловушки 2 так, чтобы кососре-

занный конец этой трубки был погружен в колбу на 15–20 мм. К приемнику-ловушке присоединить холодильник 3. Колбу нагреть плиткой так, чтобы из кососрезанного конца трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2–4 капли в секунду.

Если в конце перегонки в трубке холодильника задерживаются капли воды, их необходимо смыть в приемник-ловушку сконденсировавшимся растворителем, увеличив для этого интенсивность кипения на непродолжительное время. Перегонку прекратить, как только объем воды в приемнике-ловушке перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя станет совершенно прозрачным. Время перегонки не должно превышать 1 ч.

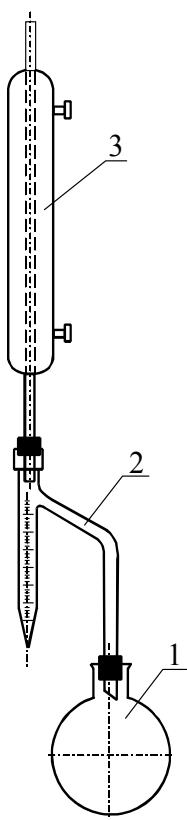


Рис. 14.1. Прибор для определения воды в маслах и смазке

Если в приемнике-ловушке собралось небольшое количество воды (до 0,3 мл) и растворитель мутен, то его необходимо поместить в горячую воду на 20–30 мин до осветления и снова охладить до комнатной температуры.

### *Порядок расчета*

Содержание воды в весовых процентах  $C_{H_2O}$  определить по формуле:

$$C_{H_2O} = \frac{V \cdot 100}{\sigma},$$

где  $V$  – объем воды в приемнике-ловушке, мл;

$\sigma$  – навеска нефтепродукта, г.

Для упрощения расчета плотность воды при комнатной температуре принять за единицу, а числовое значение объема воды в миллилитрах – за числовое значение веса воды в граммах.

Расхождения между двумя параллельными определениями не должно превышать одного верхнего деления приемника-ловушки, занимаемого водой.

Количество воды в приемнике-ловушке менее 0,03 мл считается следами.

### *Содержание отчета*

1. Дать краткие теоретические сведения о содержании воды в нефтепродуктах.
2. Привести схему прибора и дать краткое описание порядка проведения работы.
3. Привести результаты испытаний и сравнить их с требованиями ГОСТа.

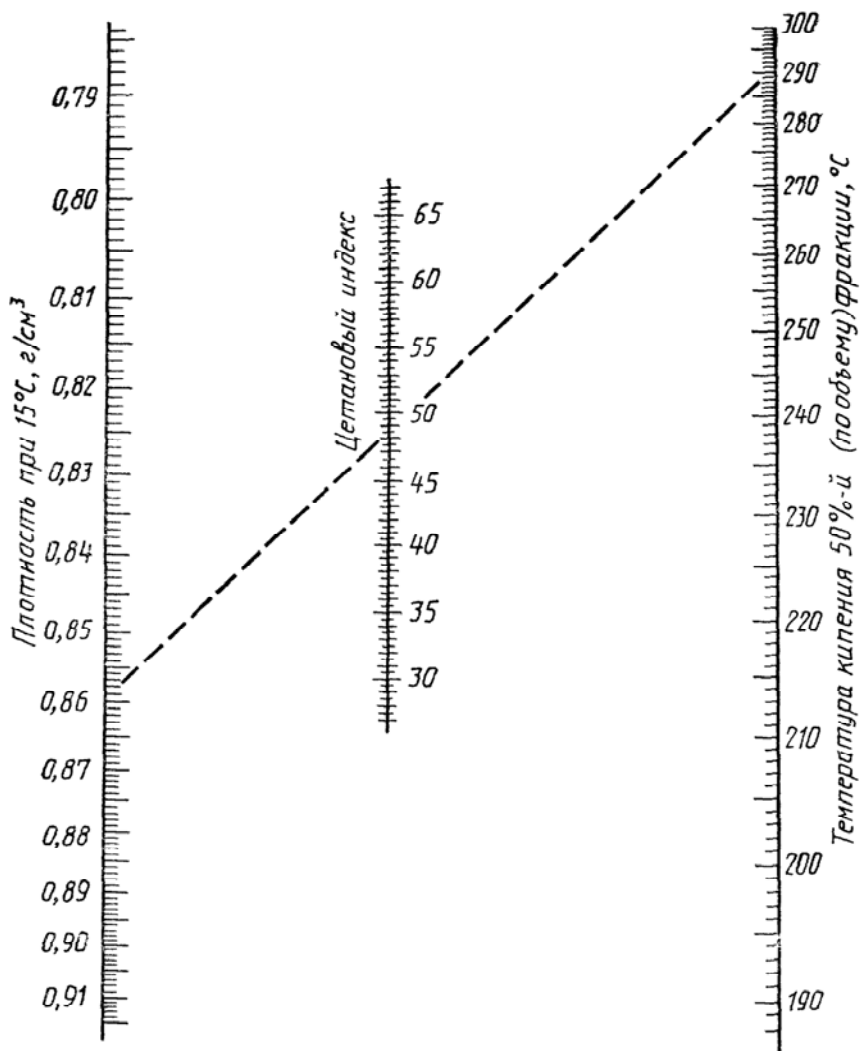
## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В. Н. Автортакторные эксплуатационные материалы / В. Н. Алексеев, И. Ф. Кувайцев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Воениздат, 1979. – 214 с.
2. Васильев, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы : учебник для вузов / Л. С. Васильев. – М. : Транспорт, 1968. – 279 с.
3. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости : ГОСТ 33-2000. – Введ. 01.01.02. – Минск : Межгос. Совет по стандартизации и сертификации. – 23 с.
4. Масла и смазки. Методы определения наличия воды : ГОСТ 1547-84. – Введ. 19.12.84. – М. : Изд-во стандартов. – 8 с.
5. Приборы для определения пенетрации нефтепродуктов. Общие технические условия : ГОСТ 1440-78. – Введ. 01.01.80. – М. : Изд-во стандартов. – 17 с.
6. Нефть и нефтепродукты. Методы определения содержания воды : ГОСТ 2477-65. – Введ. 01.01.66. – М. : Изд-во стандартов. – 7 с.
7. Смазки пластичные. Метод определения пенетрации : ГОСТ 5346-78. – Введ. 01.01.79. – М. : Изд-во стандартов. – 9 с.
8. Нефтепродукты. Метод определения температуры каплепадения : ГОСТ 6793-74. – Введ. 01.01.75. – М. : Изд-во стандартов. – 7 с.
9. Смазки пластичные. Метод определения предела прочности и термоупрочнения : ГОСТ 7143-73. – Введ. 01.01.75. – М. : Изд-во стандартов. – 7 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

ГОСТ 27769-88 (СТ СЭВ 5871-87) С. 3

### Номограмма для определения цетанового индекса (ЦИ)



## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 3  |
| Техника безопасности и противопожарные мероприятия.....  | 4  |
| Лабораторная работа № 1. Определение плотности нефтепродуктов .....  | 6  |
| Лабораторная работа № 2. Определение фракционного состава топлива.....                                     | 9  |
| Лабораторная работа № 3. Определение давления насыщенных паров моторных топлив .....                       | 17 |
| Лабораторная работа № 4. Определение октанового числа бензинов по моторному методу.....                    | 21 |
| Лабораторная работа № 5. Определение цетанового числа дизельного топлива по методу совпадения вспышек..... | 29 |
| Лабораторная работа № 6. Определение цетанового индекса ....   | 35 |
| Лабораторная работа № 7. Определение температуры вспышки дизельного топлива в закрытом тигле .....         | 37 |
| Лабораторная работа № 8. Определение температуры вспышки дизельного топлива в открытом тигле .....         | 41 |
| Лабораторная работа № 9. Определение кинематической вязкости моторного масла .....                         | 47 |
| Лабораторная работа № 10. Определение температуры каплепадения консистентной смазки.....                   | 52 |
| Лабораторная работа № 11. Определение предела прочности консистентной смазки .....                         | 55 |
| Лабораторная работа № 12. Определение числа пенетрации смазки.....   | 58 |
| Лабораторная работа № 13. Качественное определение воды в нефтепродуктах .....                             | 62 |
| Лабораторная работа № 14. Количественные методы определения содержания воды в нефтепродуктах .....         | 66 |
| Литература .....   | 69 |
| Приложение .....   | 70 |

Учебное издание

**ИВАНДИКОВ** Михаил Петрович  
**МИРОНОВИЧ** Александр Евгеньевич

## **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей  
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»,  
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,  
1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *П. П. Горбач*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 04.11.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,13. Уч.-изд. л. 2,61. Тираж 100. Заказ 581.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.