

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТОПЛИВО И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторный практикум

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Составители
А.П.Сырбаков, М.А. Корчуганова

Издательство
Томского политехнического университета
2015

УДК 000000
ББК 00000
Т00

Т00 Топливо и смазочные материалы: лабораторный практикум / сост. А.П.Сырбаков, М.А. Корчуганова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 78 с.

В пособии рассмотрены основные пути и способы получения топлива и смазочных материалов. Проанализированы эксплуатационные свойства топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей, их основные показатели качества и влияние на технико-экономические характеристики в используемых машинах и механизмах, приведены экологические свойства (токсичность, электролизация).

Пособие составлено в соответствии с примерной программой по дисциплине "Топливо и смазочные материалы" рекомендованной Министерством образования России для подготовки дипломированного специалиста 660300 - "Агроинженерия" (специальность 311300 - Механизация сельского хозяйства).

УДК 000000
ББК 00000

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой ЭиСТС КемГСХИ
Л.В.Аверичев

Кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой ТМ и РМ КемГСХИ
А.П.Черныш

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014
© Сырбаков А.П., Корчуганова М.А.,
составление, 2014
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2015

Содержание

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Определение плотности нефтепродуктов | 4 |
| 2 | Исследование фракционного состава автомобильного бензина | 6 |
| 3 | Определение длительности индукционного периода бензина | 11 |
| 4 | Определение концентрации фактических смол в автомобильном бензине | 14 |
| 5 | Определение октанового числа автомобильного бензина | 18 |
| 6 | Определение низкотемпературных свойств дизельного топлива | 24 |
| 7 | Определение цетанового числа дизельного топлива по совпадению вспышек | 27 |
| 8 | Определение содержания серы в дизельном топливе | 32 |
| 9 | Определение кинематической вязкости нефтепродукта | 35 |
| 10 | Определение вязкостно-температурных свойств моторного масла | 40 |
| 11 | Определение моющих свойств моторного масла | 42 |
| 12 | Анализ отработанного моторного масла | 45 |
| 13 | Определение жесткости воды и ее умягчение | 52 |
| 14 | Исследование качества низкозамерзающих охлаждающих жидкостей | 57 |
| 15 | Исследование качества тормозных жидкостей | 61 |
| 16 | Определение предела прочности на сдвиг пластичной смазки | 63 |

Введение

Надежность, долговечность и эффективность работы машинно-тракторного парка сельхозпредприятий в значительной степени зависят от качества топлива, смазочных материалов и технических жидкостей, а также от грамотного их применения в эксплуатации.

Вместе с тем в организации применения топливо-смазочных материалов имеются недостатки, которые усложняют эксплуатацию техники, вызывают увеличение денежных затрат и повышение расхода запасных частей на ее ремонт и техническое обслуживание.

Отсюда следует вывод, что инженерно-техническим работникам, организующим эксплуатацию автотракторной техники, сельскохозяйственных машин, необходимо уделять особое внимание рациональному использованию и экономии топливо-смазочных материалов, а также улучшению качества и организации технического обслуживания машин.

Для выполнения этого условия необходимо, чтобы выпускники сельскохозяйственных вузов - будущие инженеры-механики хорошо знали основные свойства и особенности применения нефтепродуктов.

В практикуме приведены лабораторные работы, охватывающие основные разделы дисциплин «Топливо и смазочные материалы».

С этой целью в учебных программах предусмотрено выполнение лабораторных работ, помогающих овладеть практическими навыками определения их свойств и качественных характеристик, а также узнать особенности применения.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

РАБОТА № 1

Определение плотности нефтепродуктов

1 Содержание работы:

- 1) определить показания плотности и температуры образца нефтепродукта;
- 2) замеренную плотность нефтепродукта привести к плотности при нормальной температуре ρ_4^{20} ;
- 3) определить плотность вязких нефтепродуктов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы нефтепродуктов, нефтенсиметр (ареометр), термометр, стеклянная колба, керосин, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

Различают абсолютную и относительную плотность вещества.

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

Относительная плотность вещества - отношение его массы к массе дистиллированной воды при 4°C , взятой в том же объеме. Относительная плотность - величина безразмерная.

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

В соответствии с действующим стандартом плотность нефтепродукта обозначается ρ_4^{20} . Здесь цифра 20 указывает, что плотность нефтепродукта относят к нормальной температуре 20°C , а цифра 4 обозначает, что плотность нефтепродукта относят к плотности воды при 4°C , принятой за единицу.

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

В стандартах на топливо плотность не нормируется, однако определять ее по ГОСТу обязательно. Это необходимо для учета расхода и движения нефтепродуктов на нефтескладах и заправочных станциях, так

как приход фиксируют в единицах массы (кг,т), а расход при заправки тракторов и автомобилей учитывается в единицах объема (л). Поэтому для перерасчета топлива из единиц массы в единицы объема и обратно нужно знать плотность получаемых и отпускаемых нефтепродуктов.

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

Нефтеденсиметр представляет собой стеклянный пустотелый поплавок, внизу которого находится балласт, а сверху - тонкая трубка со шкалой. Некоторые нефтеденсиметры снабжены внутренним термометром.

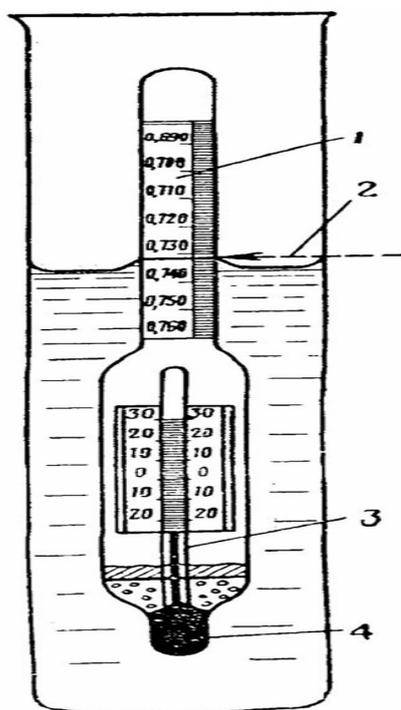


Рисунок 1 - Прибор для определения плотности нефтепродуктов:
1 – шкала плотности; 2 – линия отсчета; 3 – термометр; 4 – груз

4 Порядок выполнения работы.

Сущность определения плотности ареометром заключается в фиксации уровня нефтепродукта на его шкале при различной глубине погружения ареометра в жидкость. Чем глубже погружается ареометр в нефтепродукт, тем меньше его плотность.

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

Чистый и сухой нефтеденсиметр медленно и осторожно опускают в нефтепродукт, держа его за верхний конец. Во избежание повреждения

нефтеденсиметр вводят до дна цилиндра или до погружения всей шкалы, а затем убирают руку.

После того как нефтеденсиметр установится и прекратятся его колебания, снимают показания по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска (рис. 1, линия 2), а нефтеденсиметр не должен касаться стенок цилиндра.

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

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

Замеренную плотность приводят к плотности при нормальной температуре ρ_4^{20} по формуле:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma (t - 20), \quad (1)$$

где ρ_4^t - плотность испытуемого нефтепродукта при температуре испытания; γ - средняя температурная поправка плотности (табл. 1);
 t - температура испытания, $^{\circ}\text{C}$.

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

С помощью нефтеденсиметра определяют плотность приготовленной смеси. Плотность ρ испытуемого вязкого нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$\rho = 2\rho_1 - \rho_2, \quad (2)$$

где ρ_1 - плотность смеси;

ρ_2 - плотность разбавителя (керосина $\rho_2=800 \text{ кг/м}^3$).

Таблица 1 -Таблица средних температурных поправок для нефтепродуктов

| Относительная плотность | Температурная поправка γ на 1 ⁰ С | Относительная плотность | Температурная поправка γ на 1 ⁰ С |
|-------------------------|---|-------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0,6900...0,6999 | 0,000910 | 0,8500...0,8599 | 0,000699 |
| 0,7000...0,7099 | 0,000897 | 0,8600...0,8699 | 0,000686 |
| 0,7100...0,7199 | 0,000884 | 0,8700...0,8799 | 0,000673 |
| 0,7200...0,7299 | 0,000870 | 0,8800...0,8899 | 0,000660 |
| 0,7300...0,7399 | 0,000857 | 0,8900...0,8999 | 0,000647 |
| 0,7400...0,7499 | 0,000844 | 0,9000...0,9099 | 0,000633 |
| 0,7500...0,7599 | 0,000831 | 0,9100...0,9199 | 0,000620 |
| 0,7600...0,7699 | 0,000818 | 0,9200...0,9299 | 0,000607 |
| 0,7700...0,7799 | 0,000805 | 0,9300...0,9399 | 0,000594 |
| 0,7800...0,7899 | 0,000792 | 0,9400...0,9499 | 0,000581 |
| 0,7900...0,7999 | 0,000778 | 0,9500...0,9599 | 0,000567 |
| 0,8000...0,8099 | 0,000765 | 0,9600...0,9699 | 0,000554 |
| 0,8100...0,8199 | 0,000752 | 0,9700...0,9799 | 0,000541 |
| 0,8200...0,8299 | 0,000738 | 0,9800...0,9899 | 0,000528 |
| 0,8300...0,8399 | 0,000725 | 0,9900...0,9999 | 0,000515 |
| 0,8400...0,8499 | 0,000712 | | |

5 Вопросы выходного контроля.

1. Для чего необходимо определять плотность топлив?
2. Что из себя представляет ареометр и нефтенсиметр?
3. Какие типы шкал ареометров Вы знаете?
4. Как подбирается цилиндр для работы с ареометром?
5. Как определяется плотность вязких нефтепродуктов ?

РАБОТА № 2

Исследование фракционного состава автомобильного бензина

1 Содержание работы:

- 1) перегонка 100 см³ испытуемого бензина на аппарате для разгонки нефтепродуктов, при условиях, предусмотренных стандартом;
- 2) обработка результатов;

3) результаты перегонки бензина представить в виде графика, называемого кривой разгонки.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы автомобильных бензинов, аппарат для разгонки нефтепродуктов, термометр, барометр, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

Бензины представляют собой смесь углеводородов, обладающих различной испаряемостью.

Испаряемость бензина оценивается по температурным пределам его выкипания и по температурам выкипания его отдельных частей - фракций. Фракционный состав является главным показателем испаряемости автомобильного бензина. От фракционного состава бензина зависят легкость пуска двигателя, время его прогрева и приемистость.

На рисунке 2 приведена кривая разгонки бензина и указаны его основные фракции - пусковая, рабочая и концевая. Пусковую фракцию бензина составляют самые низкокипящие углеводороды (первые 10% объема дистиллята). В рабочую фракцию входят дистилляты от 10 до 90% объема и в концевую - от 90% объема до конца кипения бензина.

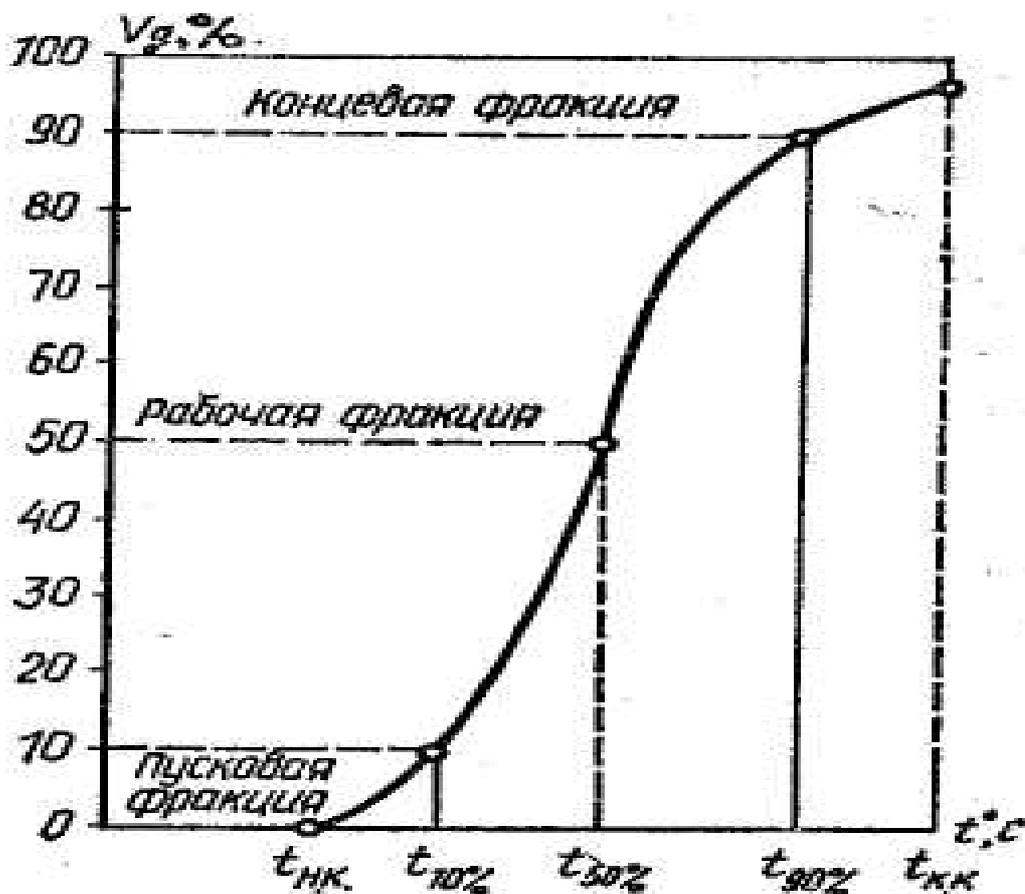


Рисунок 2 - Кривая разгонки бензина

Температура начала перегонки и перегонки 10% бензина характеризуют пусковые свойства. Если в бензине недостаточно низкокипящих фракций, то при пуске холодного двигателя часть бензина не успевает испаряться и попадает в цилиндры в жидком состоянии. Горючая смесь оказывается переобедненной, она не воспламеняется от электрической искры и пуск двигателя становится невозможен. Жидкий бензин в цилиндрах смывает смазку, а в картере двигателя разжижает моторное масло.

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

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

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

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

Приемистость - это свойство двигателя в прогретом состоянии под нагрузкой быстро переходить с малой частоты вращения к большей при резком открытии дроссельной заслонки.

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

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

эксплуатации автомобиля.

Температуры перегонки 90% и конца кипения бензина характеризует полноту его испарения. Если в бензине содержится много высококипящих углеводородов, то условия работы двигателя аналогичны условиям пуска холодного двигателя на бензине с низкой температурой начала перегонки. Высококипящие углеводороды не испаряются во впускном трубопроводе двигателя и попадают в цилиндры в виде жидкости. Некоторая часть ее испаряется и сгорает, а оставшаяся часть стекает по стенкам цилиндра и смывает с них смазочное масло. Попадая в картер двигателя, тяжелые фракции бензина разжижают масло и снижают его вязкость. В тех местах, где смыто смазочное масло, наблюдается трение без смазочного материала и повышенный износ деталей.

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

Температура перегонки 90% топлива для летнего автомобильного бензина должна быть не выше 180⁰С, зимнего - не выше 160⁰С. Конец кипения летнего бензина должен быть не выше 195⁰С, зимнего - не выше 185⁰С.

4 Проведение испытаний.

На рисунке 3 показан аппарат для разгонки нефтепродуктов. Сущность метода определения фракционного состава заключается в перегонке 100 см³ испытуемого бензина на этом аппарате при условиях, предусмотренных стандартом.

Пробу бензина осторожно при минимальном перемешивании наливают в колбу. Колбу предварительно охлаждают до 13...18⁰С. Для этого ее закрывают пробкой и устанавливают в баню со льдом, где выдерживают при температуре не выше 15⁰С.

Баню 5 заполняют так, чтобы трубка 3 холодильника была покрыта жидкостью. Температуру пробы бензина доводят до 13...18⁰С. Мерным цилиндром 7 отмеряют 100 см³ испытуемого бензина и сливают его в колбу 1, следя за тем, чтобы бензин не попал в пароотводную трубку колбы. В горловину колбы вставляют пробку с термометром. Ось термометра должна совпадать с горловиной колбы, нижний конец капилляра - с самой высокой точкой нижней внутренней стенки пароотводной трубки. Колбу с пробой бензина помещают в подставку, трубку 3 холодильника соединяют при помощи пробки с пароотводной трубкой колбы. Пароотводная трубка колбы должна входить в трубку холодильника на 25...50 мм и не касаться ее стенок.

Колбу располагают строго вертикально на асбестовой прокладке 8 нижней половины кожуха 9. Затем закрывают колбу верхней частью кожуха. Мерный цилиндр 7, не высушивая, устанавливают под нижний

конец трубки холодильника. Трубка должна входить в цилиндр не менее чем на 25 мм, но не ниже отметки 100 см³. При перегонке бензина мерный цилиндр помещают в стеклянный сосуд с водой (баню). На цилиндр устанавливают подковообразный груз для того, чтобы он не всплывал. Уровень воды в бане для цилиндра поддерживают до отметки 100 см³. Отверстие мерного цилиндра закрывают фильтрованной бумагой или ватой. В бане холодильника поддерживают температуру 0...1⁰С.

Колбу нагревают до кипения газовой горелкой или регулируемым электрическим нагревателем. Пары кипящего бензина поступают в холодильник там конденсируются. Колбу необходимо подогреть, чтобы время от начала обогривания до падения первой капли дистиллята в цилиндр было 5...10 мин. Температура падения первой капли считается температурой начала кипения бензина. Отмечают эту температуру и устанавливают цилиндр так, чтобы конденсат стекал по стенке. Далее интенсивность нагревания поддерживают такой, чтобы скорость перегонки до получения 95 см³ отгона была 4...5 см³/мин, что примерно соответствует 20...25 каплям бензина в 10 с. При этом отмечают температуры через каждые 10 см³ собранного в цилиндр бензина. Время от образования 95 см³ отгона до конца кипения должно составлять 3...5 мин.

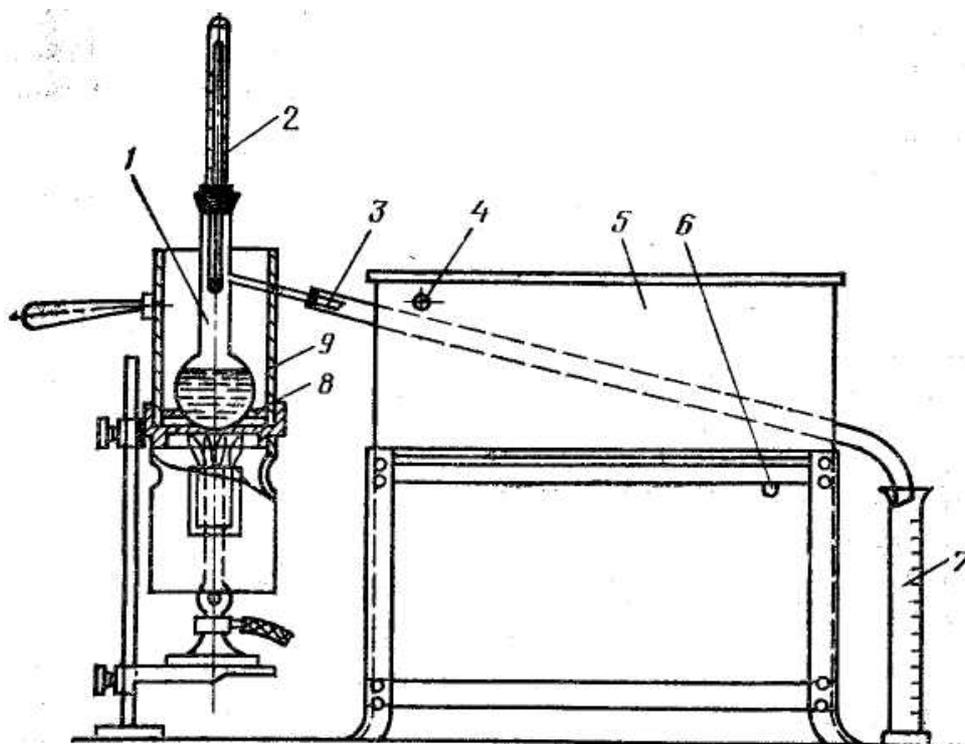


Рисунок 3 - Аппарат для разгонки нефтепродуктов:

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

Конец кипения бензина отмечают в тот момент, когда ртутный столбик термометра остановится на некоторой отметке, а затем начнет опускаться. Последний объем бензина в цилиндре фиксируют по истечении 5 мин после прекращения нагревания, когда весь бензин стек из холодильника. Остаток из колбы сливают в цилиндр вместимостью 10 мл, после охлаждения до 20⁰С записывают его объем. Разность между 100 мл и суммой объемов дистиллята и остатка дает потери при перегонке.

5 Обработка результатов.

Если при проведении испытаний барометрическое давление выше или ниже 101,3 • 10³ Па (760 мм рт.ст), то вводят поправку на барометрическое давление к каждому показанию термометра. Поправку *C* (⁰С) находят по формуле:

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

$$C = 0,00012 (760 - p_1) (273 + t_0) \quad (4)$$

где *p* и *p*₁ - барометрическое давление во время испытания, Па и мм рт.ст.;

*t*₀ - показания термометра, ⁰С .

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

Можно пользоваться поправками на барометрическое давление, приведенными в таблице 2. Поправку *C* прибавляют к показаниям термометра при давлении ниже 101,3 • 10³ Па (760 мм рт.ст) и вычитают при более высоком давлении.

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

Таблица 2 - Поправки на барометрическое давление

| Температурный интервал, ⁰ С | Поправки, ⁰ С на разность в давлении | | Температурный интервал, ⁰ С | Поправки, ⁰ С на разность в давлении | |
|--|---|--------------------------|--|---|--------------------------|
| | для каж-дого 1 кПа | для каж-дого 10мм рт.ст. | | для каж-дого 1 кПа | для каж-дого 10мм рт.ст. |
| 10. . .30 | 0,26 | 0,35 | 110. . .130 | 0,35 | 0,47 |
| 30. . .50 | 0,29 | 0,38 | 130. . .150 | 0,38 | 0,50 |
| 50. . .70 | 0,30 | 0,40 | 150. . .170 | 0,39 | 0,52 |
| 70. . .90 | 0,32 | 0,42 | 170. . .190 | 0,41 | 0,54 |
| 90. . .110 | 0,34 | 0,45 | 190. . .210 | 0,43 | 0,57 |

6 Вопросы выходного контроля.

1. Что называется фракцией и испаряемостью топлива?
2. Как оценивается фракционный состав топлива?
3. Какие характерные точки имеются на кривой фракционной перегонки?
4. Какие параметры бензинов характеризует температура начала перегонки?
5. Как влияет фракционный состав бензина на экономичность работы карбюраторного двигателя и по каким показателям он оценивается?
6. Чем отличаются летние и зимние сорта бензинов?
7. Как влияет температура конца перегонки на работу двигателя внутреннего сгорания?
- 8.
- 9.

РАБОТА № 3

Определение длительности автомобильного бензина

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения длительности индукционного периода автомобильного бензина;
- 2) проведение испытаний по определению индукционного периода автомобильного бензина
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы автомобильных бензинов, установка для определения длительности индукционного периода, бак с водой, термометр, манометр, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

Автомобильные бензины должны обладать высокой химической стабильностью. Химическая стабильность — это способность бензина противостоять химическим изменениям при хранении, транспортировании и применении. Химическая стабильность бензина зависит от его углеводородного состава, содержания неуглеводородных примесей и эффективности добавленных антиокислительных присадок. На пути следования от завода-изготовителя до бака автомобиля происходит автоокисление бензина, то есть окисление его нестабильных соединений кислородом окружающего воздуха с образованием продуктов сложного состава. Чем дольше хранится бензин, длиннее путь транспортирования и

больше перевалочных пунктов, тем больше возможность образования продуктов окисления— смолистых веществ и различных кислых соединений (органических кислот, оксикислот и т.п.). Большая часть образующихся продуктов окисления находится в бензине в растворенном состоянии, но некоторая часть выпадает в осадок. Окисление бензина ускоряется различными отстоями и осадками, накапливающимися в резервуарах, а также за счет каталитического воздействия металлов (например, меди).

Антиокислители (ингибиторы окисления) — присадки, способствующие стабильности исходных свойств бензина при хранении, транспортировании и использовании в двигателях. Они предотвращают или замедляют окисление углеводородов молекулярным кислородом. В автомобильные бензины как неэтилированные, так и этилированные добавляют антиокислители в количестве от тысячных до десятых долей процента.

Индукционный период — это время, в течение которого антиокислитель тормозит окисление углеводородов, затем скорость окисления резко увеличивается. Индукционный период характеризует склонность бензинов к окислению и смолообразованию при длительном хранении. Индукционный период автомобильных бензинов колеблется в пределах 600... 1300 мин.

Потенциальные смолы образуются в результате ускоренного окисления на установке для определения индукционного периода. Количество этих смол служит косвенным показателем стабильности бензина при длительном хранении.

4 Проведение испытаний.

Установка для определения длительности индукционного периода в условиях ускоренного окисления состоит из стальной бомбы, кислородного баллона с редуктором, кислородного манометра и водяной бани.

На установке определяют время, в течение которого испытуемый бензин в среде кислорода под давлением 0,7 МПа и при температуре 100 °С практически не окисляется. Бомба для окисления бензина (рис. 9) выполнена из нержавеющей стали. Штуцер 6 предназначен для наполнения бомбы кислородом из баллона. Для соединения этого штуцера с редуктором служит медная трубка высокого давления с двумя гайками. К штуцеру 5 при помощи свернутой в спираль стальной трубки диаметром 5 мм присоединяют кислородный манометр. Для закрепления манометра на трубке имеется гайка со свинцовой прокладкой. Со штуцером трубка соединяется при помощи конуса и гайки.

Шкала кислородного манометра рассчитана, на 1,6 МПа, деления через 0,02 МПа. На водяной бане с электрическим обогревом выполнены

гнезда для погружения бомб. Для испытуемого бензина применяют стандартные стеклянные стаканчики. При сборке и наполнении кислородом бомбу помещают на металлическую подставку, привинченную к столу. Собранная бомба должна выдерживать гидравлическое испытание на 2 МПа. Герметичность бомбы проверяют в баке с водой. Проведение испытания. Перед испытанием внутреннюю часть корпуса бомбы промывают бензолом и сушат воздухом. Крышку и другие детали головки бомбы протирают фильтровальной бумагой. В стаканчик наливают 100 мл отфильтрованного испытуемого бензина, устанавливают его внутри бомбы и закрывают часовым стеклом. Бомбу завинчивают крышкой и соединяют ее медной трубкой с кислородным баллоном. Воротком 9 поднимают игольчатый клапан 8 и не менее 3 мин заполняют бомбу кислородом до давления 0,2 МПа. Затем воротком опускают игольчатый клапан и отвинчивают гайку, с помощью которой бомба соединяется с медной трубкой. Открывают вентиль и выпускают кислород, то есть продувают бомбу. Далее вновь наполняют бомбу кислородом до давления 0,75 МПа и отъединяют медную трубку. Бомбу опускают в бак с водой, имеющей температуру 15...20°C, и проверяют ее герметичность. Снижают давление внутри бомбы до 0,7 МПа, воду в бане доводят до кипения. Бомбу погружают в кипящую баню до верхнего края крышки. Момент погружения бомбы в баню считают за начало окисления бензина и отмечают время и начальное давление. Затем давление в бомбе записывают через каждые 5 мин. В связи с нагреванием кислорода и бензина в начальный период давление возрастает, а затем, достигнув максимального значения, некоторое время держится постоянным и после этого начинает непрерывно снижаться. Испытание заканчивают, когда давление снизится на 0,06 МПа от максимального значения. За конец индукционного периода принимают начало непрерывного падения давления.

По окончании окисления бомбу вынимают из кипящей воды и погружают на 15...20 мин в бак с водой, имеющей температуру 15...20°C. Затем бомбу устанавливают на подставку и выпускают из нее кислород. Обтирают крышку и головку бомбы сухим полотенцем, отвинчивают крышку, приподнимают ее и обезвоживают выступающую часть грибка фильтровальной бумагой. Затем крышку с головкой снимают с корпуса бомбы, снимают щипцами часовое стекло и стаканчик с окисленным бензином. Бензин, сконденсировавшийся в корпус» бомбы, сливают в стакан. Мерным цилиндром измеряют все количество оставшегося после опыта бензина. Если его меньше 95 мл, испытание повторяют.

5 Обработка результатов.

Длительность периода окисления бензина находят как разность между временем конца индукционного периода и временем начала окисления. Однако испытуемый бензин в бомбе нагревается до 100 °C

через некоторое время. Поэтому длительности индукционного периода окисления не совпадают. Если это обстоятельство не учитывать, то значение индукционного периода окажется завышенным. В связи с этим при определении длительности индукционного периода бензина вводят поправку, учитывающую отставание температуры бензина от 100 °С. Экспериментально установленная поправка для описанной конструкции бомбы составляет 55 мин. Пример подсчета длительности индукционного периода бензина приведен в таблице 3.

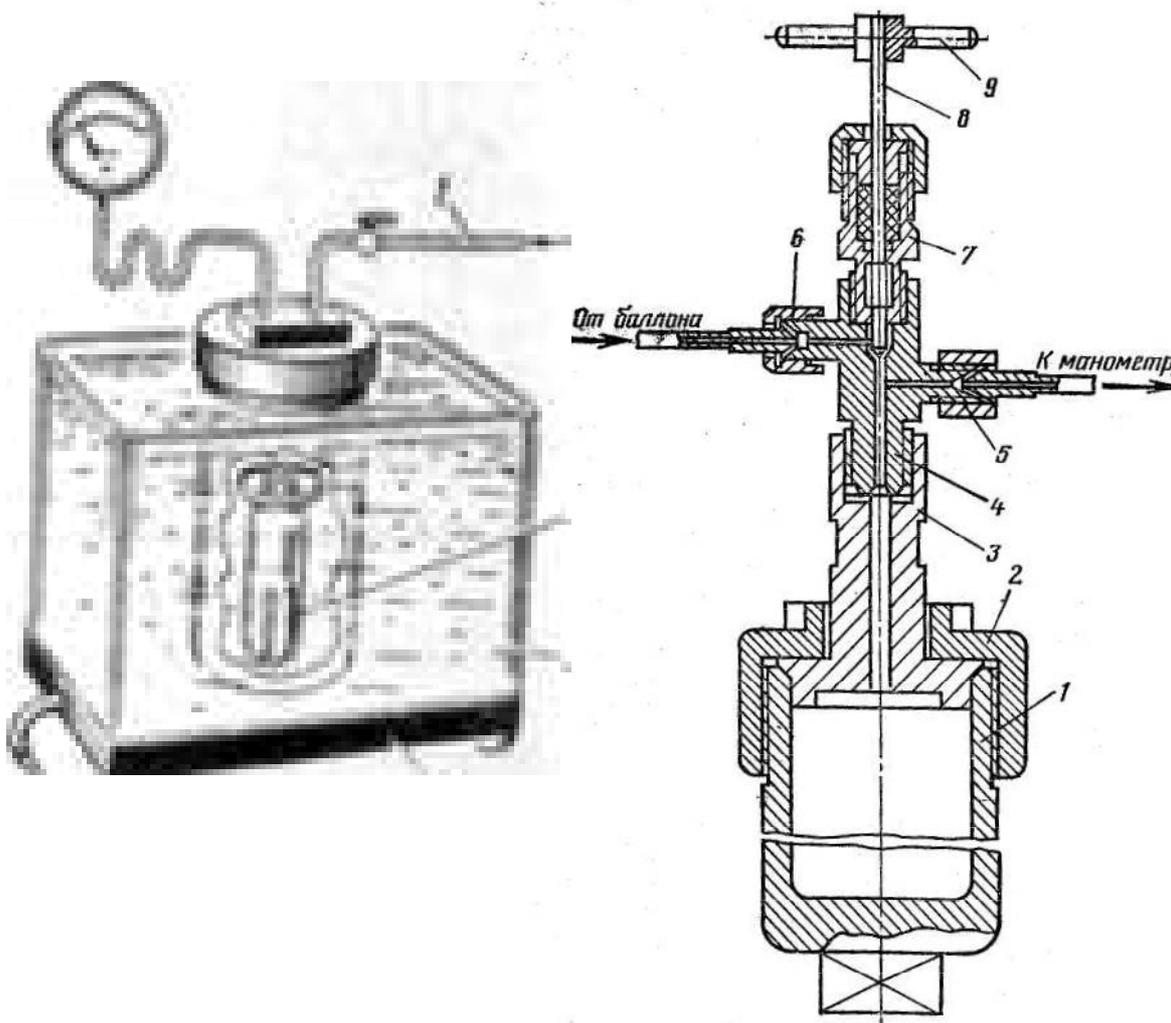


Рисунок 4 - Бомба для окисления бензина:

1- корпус; 2 - крышка; 3 - грибок; 4 - тройник; 5 и 6 - штуцера; 7 – вентиль; 8 - игольчатый клапан вентилятора; 9 – вороток вентилятора.

Таблица 3 - Пример подсчета длительности индукционного периода

| Показатель | Опыт 1 | Опыт 2 |
|--|---------|---------|
| Начало окисления | 9 ч | 9ч |
| Конец индукционного периода | 20 ч | 19 ч 50 |
| Длительность периода окисления | 660 мин | 650 мин |
| Поправка на запаздывание нагревания бензина | 55 мин | 55 мин |
| Индукционный период | 595 мин | 605 мин |
| Индукционный период по результатам двух определений | 600 мин | |

6 Вопросы выходного контроля.

Работа № 4.

Определение концентрации фактических смол в автомобильных бензинах

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения длительности индукционного периода автомобильного бензина;
- 2) проведение испытаний по определению индукционного периода автомобильного бензина
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы автомобильных бензинов, установка для определения длительности индукционного периода, бак с водой, термометр, манометр, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

При работе двигателя образуются отложения на деталях системы питания, впускном трубопроводе и на стенках камеры сгорания. Основным источником этих отложений служат смолистые вещества, получающиеся при окислении углеводородов бензина.

Отложения в системе питания образуются при низких температурах и представляют собой липкие мазеобразные продукты коричневого цвета. Они откладываются на стенках топливных баков, фильтров, насосов, закупоривают топливопроводы, покрывают тонким слоем детали

карбюратора — распылители, дроссельные заслонки, жиклеры, При повышенном содержании смолистых веществ в используемом бензине возможны различные нарушения в системе питания двигателя. Отложения на деталях карбюратора могут быть причиной нарушения подачи бензина и процесса карбюрации, отложения на фильтрующих элементах — прекращения подачи бензина. Во время работы двигателя неиспарившиеся высококипящие фракции бензина вместе с находящимися в них смолистыми продуктами в виде пленки движутся по впускному трубопроводу к цилиндрам. Стенки трубопровода обычно подогреваются для лучшего испарения бензина, поэтому углеводороды бензина интенсивно окисляются и смолистые вещества оседают на горячих стенках трубопровода. При дальнейшей полимеризации они превращаются в твердые смолистые и углистые отложения. Такие отложения уменьшают полезное сечение впускного трубопровода и увеличивают сопротивление потоку горючей смеси; поэтому ухудшается наполнение цилиндров и снижается мощность двигателя. Из-за низкой теплопроводности отложений снижается количество теплоты, подводимой к горючей смеси, и ухудшается ее испарение.

Смолистые вещества, выпавшие на впускных клапанах, образуют твердые углистые отложения, которые нарушают правильность посадки клапанов и вызывают их зависание. Нагар в камерах сгорания существенно ухудшает мощностные и экономические показатели двигателей. Отложения занимают часть объема камеры сгорания, поэтому степень сжатия двигателя увеличивается и возникает детонация. Обладая низкой теплопроводностью, нагары способствуют ухудшению отвода теплоты от горячих газов к охлаждающей жидкости системы охлаждения. Температура рабочей смеси повышается, что также приводит к развитию детонационного сгорания.

Концентрация фактических смол, то есть тех, которые в момент исследования находятся в бензине, оценивается в мг на 100 мл топлива. Для автомобильных бензинов их содержание на месте потребления допускается от 2 до 10 мг в 100 мл топлива. При концентрации смол выше указанного предела резко снижается время до появления неисправностей двигателя в результате усиленного нагарообразования (табл.4).

Таблица 4 - Влияние концентрации фактических смол в бензине на работоспособность автомобильных двигателей

| Концентрация фактических смол, мг на 100 мл топлива | Возможный пробег автомобиля до появления неисправностей в двигателе, к: | Концентрация фактических смол, мг на 100 мл топлива | Возможный пробег автомобиля до появления неисправностей в |
|---|---|---|---|
| | | | |

| | | | двигателе, км |
|-----------|--------------|-----------|---------------|
| До 10 | Свыше 25 000 | 21 ... 25 | 8000 |
| 11 ... 15 | 25 000 | 25. . .50 | Не более 5000 |
| 16. . .20 | 16 000 | 50... 120 | >> 2000 |

Определение фактических смол по Бударову заключается в выпаривании испытуемого топлива под струей водяного пара. Метод служит для условной оценки склонности топлива к смолообразованию при его использовании в двигателе.

4 Проведение испытаний.

Прибор ПОС-77 (рис. 5) предназначен для определения концентрации фактических смол в моторном топливе.

В корпусе размещен термостат 14, представляющий собой цилиндр из алюминиевого сплава. В нижнюю часть термостата вмонтирован нагреватель 15 и датчик температуры 13. В термостате выполнены четыре кармана 10 для установки стаканов: двух с испытуемым топливом и двух с дистиллированной водой. Карманы термостата закрываются крышками 11. Для получения водяного пара служат полости (пароперегреватели). Внутри термостата находится система каналов для входа водяных паров в стаканы с топливом и выхода парез топлива и водяного пара в холодильник.

На передней панели прибора размещена индикатор 3, выключатель сети питания 5, переключатели датчик-ка температуры 4, сигнальные часы 1 с ручкой пуска 2.

Холодильник 8 представляет собой металлически! сосуд, который соединяется с паропроводом термостата. Холодильник снабжен трубкой 6 для слива конденсата, отверстием с пробкой 16 для удаления осадочных продуктов и трубкой 7 воздушного холодильника.

Прибор включают в сеть напряжением 220 В выключателем 5. В зависимости от вида испытуемого топлива с помощью кнопочного переключателя 4 датчика температуры устанавливают следующий температурный режим: для бензина 160°C, для керосина 180, для дизельного топлива 225°C.

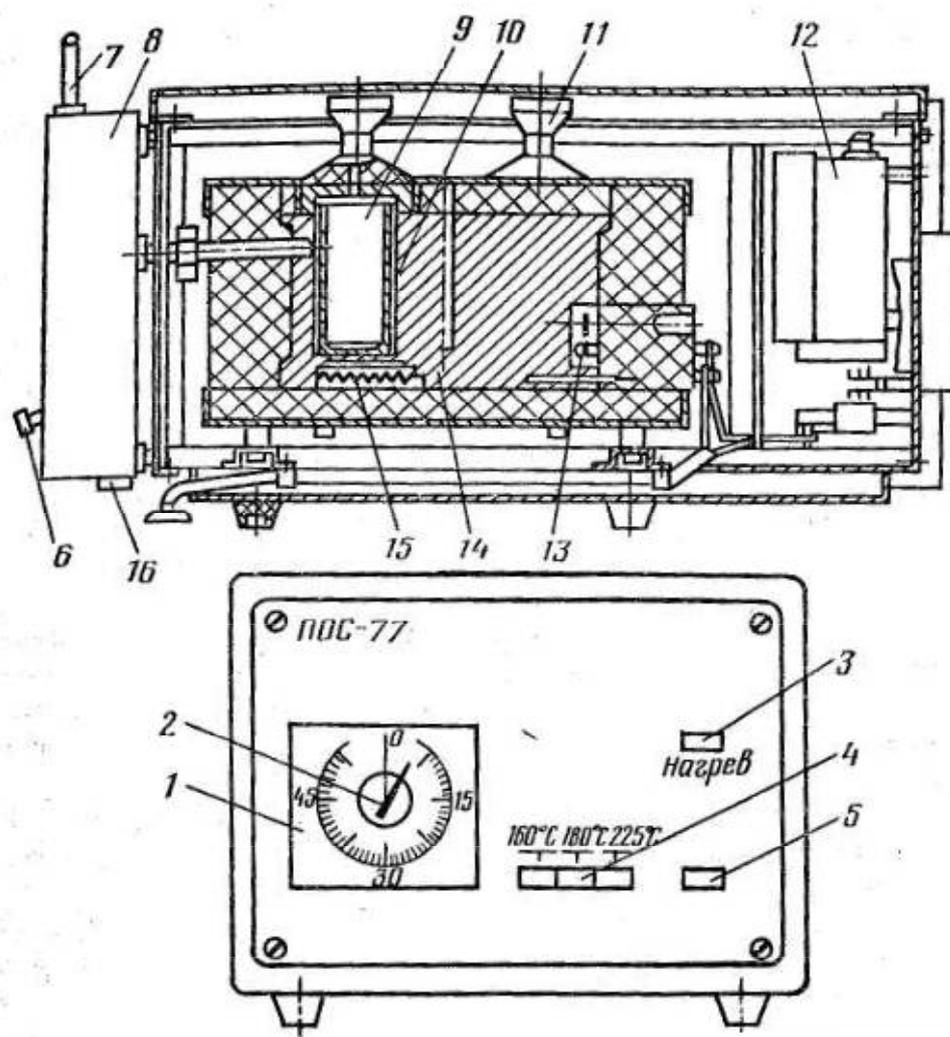


Рисунок 5 - Прибор ПОС-77:

1 – сигнальные часы; 2 – ручка спуска сигнальных часов; 3 – индикатор; 4 – переключатель датчика температур; 5 – выключатель сети питания; 6 – трубка; 7 – трубка холодильника; 8 – холодильник; 9 - стакан для топлива; 10 – карман; 11 – крышка кармана; 12 - электронный терморегулятор; 13 – датчик температуры; 14 – термостат; 15 – нагреватель; 16 - пробка

Предназначенное для испытания топливо фильтруют через бумажный фильтр. Если в топливе присутствует вода, то его взбалтывают со свежепрокаленным серноокислым натрием в течение 10...15 мин и фильтруют через бумажный фильтр.

Промытые стаканы устанавливают в карманы прибора, нагретого до температуры испытания, закрывают крышками и выдерживают 20 мин. Затем снимают крышки, через 2 мин вынимают щипцами из карманов стаканы, охлаждают их 40 мин в эксикаторе и взвешивают (с погрешностью не более 0,0002 г).

Отмеривают измерительным цилиндром и наливают в стаканы для воды дистиллированную воду в следующих количествах: 25 см³ при испытании бензина, 35 — керосина, 60 см³ — дизельного топлива. Затем также измерительным цилиндром или пипеткой отмеряют в ДЕЗ стакана для топлива по 25 см³ бензина, 20 см³ керосин или по 10 см³ дизельного топлива. Стаканы с топливом ставят в карманы, нагретые до заданной температуры, с этот момент лампочка индикатора гаснет. Карманы со стаканами, наполненными топливом, осторожно и плотно закрывают крышкой так, чтобы ниппели вошли в каналы в крышке, а шлифованные плоскости крышек л карманов герметически соприкасались одна с другой. Немедленно после этого ставят в карманы стаканы с водой и тоже плотно закрывают крышками 11. Пускают сигнальные часы 1 поворотом ручки 2 пуска вправо на время испытаний (60 мин). Как только прозвонит звонок, открывают крышки карманов. Через 2 мин щипцами вынимают стаканы, ставят их на подставку, затем помещают в эксикатор, охлаждают 40 мин и взвешивают на аналитических весах с погрешностью не более 0,0002 г.

5 Обработка результатов.

Концентрацию фактических смол X (мг на 100 см³ топлива) в каждом стакане вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m_2 - m_1)100}{V}$$

где m_2 и m_1 — массы чистого сухого стакана и стакана со смолами, мг;
 V - объем топлива, налитого в стакан для испытаний, см³.

Расхождения между результатами двух определений не должны превышать 2 мг при концентрации фактических смол до 15 мг на 100 см³ и 3 мг при концентрации смол от 15 до 40 мг на 100 см³. Концентрация до 2 мг на 100 см³ в расчет не принимается. За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух определений.

6 Вопросы выходного контроля.

Работа № 5

Определение октанового числа автомобильного бензина

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения октанового числа автомобильного бензина;
- 2) проведение испытаний по определению октанового числа автомобильного бензина моторным и исследовательским методами;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы автомобильных бензинов, одноцилиндровая установка типа УИТ-85, детонатор ДП-60, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

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

При детонации появляются резкие звонкие металлические стуки в двигателе, тряска двигателя, периодически наблюдаются черный дым или искры в выпускных газах. В результате перегрева повышено изнашиваются детали, появляются трещины, выгорают поршни и клапаны. Детонационное сгорание бензина связано с образованием и распадом первичных продуктов окисления углеводородов — перекисных соединений, которые представляют собой очень непрочные, легко разлагающиеся вещества, обладающие большой избыточной энергией. Чем выше температура, тем быстрее скорость окисления углеводородов.

В карбюраторных двигателях при такте сжатия свежая горючая смесь смешивается с остаточными газами. Поршень перемещается от нижней мертвой точки (н. м. т.) к верхней (в. м. т.) при закрытых впускном и выпускном клапанах, сжимая при этом рабочую смесь. По мере уменьшения ее объема давление и температура повышаются: в конце сжатия давление составляет 1...1.7 МПа, температура — 330...340°C. При этих условиях скорость окисления углеводородов повышается, особенно она возрастает после воспламенения рабочей смеси. В процессе ее сгорания температура и давление в несгоревшей части

рабочей смеси значительно увеличиваются, что способствует образованию большого количества перекисных соединений.

Особенно длительно высокие температура и давление действуют на последние порции несгоревшей рабочей смеси, поэтому в них образуется много перекисей и создаются благоприятные условия для перехода нормального сгорания в детонационное. Однако если в состав бензина входят углеводороды, не образующие в этих условиях большого количества перекисей, то их концентрация не достигает критических значений и сгорание заканчивается нормально.

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

На детонацию топлива в двигателе влияют следующие факторы:

- Чем выше степень сжатия, тем значительнее детонация.
- С уменьшением угла опережения зажигания снижается детонация, так как время на развитие процесса детонации меньше.
- С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя снижается детонация из-за уменьшения времени на процесс сгорания и образование нестойких продуктов окисления.
- Максимальная детонация наблюдается на смеси, близкой по составу к стехиометрической. Коэффициент избытка воздуха для этой смеси равен единице.
- Камера должна быть компактной формы, исключая образование мест перегрева.
- При плохом техническом обслуживании в рубашке двигателя образуется накипь. Ее низкая теплопроводность обуславливает повышение температуры цилиндропоршневой группы и рабочей смеси, что приводит к увеличению детонации. Повышение влажности окружающего воздуха приводит к снижению детонации.
- Отложения на днище поршня увеличивают степень сжатия двигателя и склонность топлива к детонации. Образование нагара в зоне поршневых колец повышает температуру поршня и детонацию.
- Алюминиевые головки цилиндров лучше отводят теплоту, чем чугунные, поэтому температура рабочей смеси и детонация снижаются.

Октановое число служит показателем детонационной стойкости бензинов.

4 Проведение испытаний.

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

Интенсивность детонации испытуемого бензина регулируют изменением степени сжатия одноцилиндровой установки.

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

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

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

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

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

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

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

При определении октановых чисел по моторному методу соблюдают определенные условия (табл. 5).

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

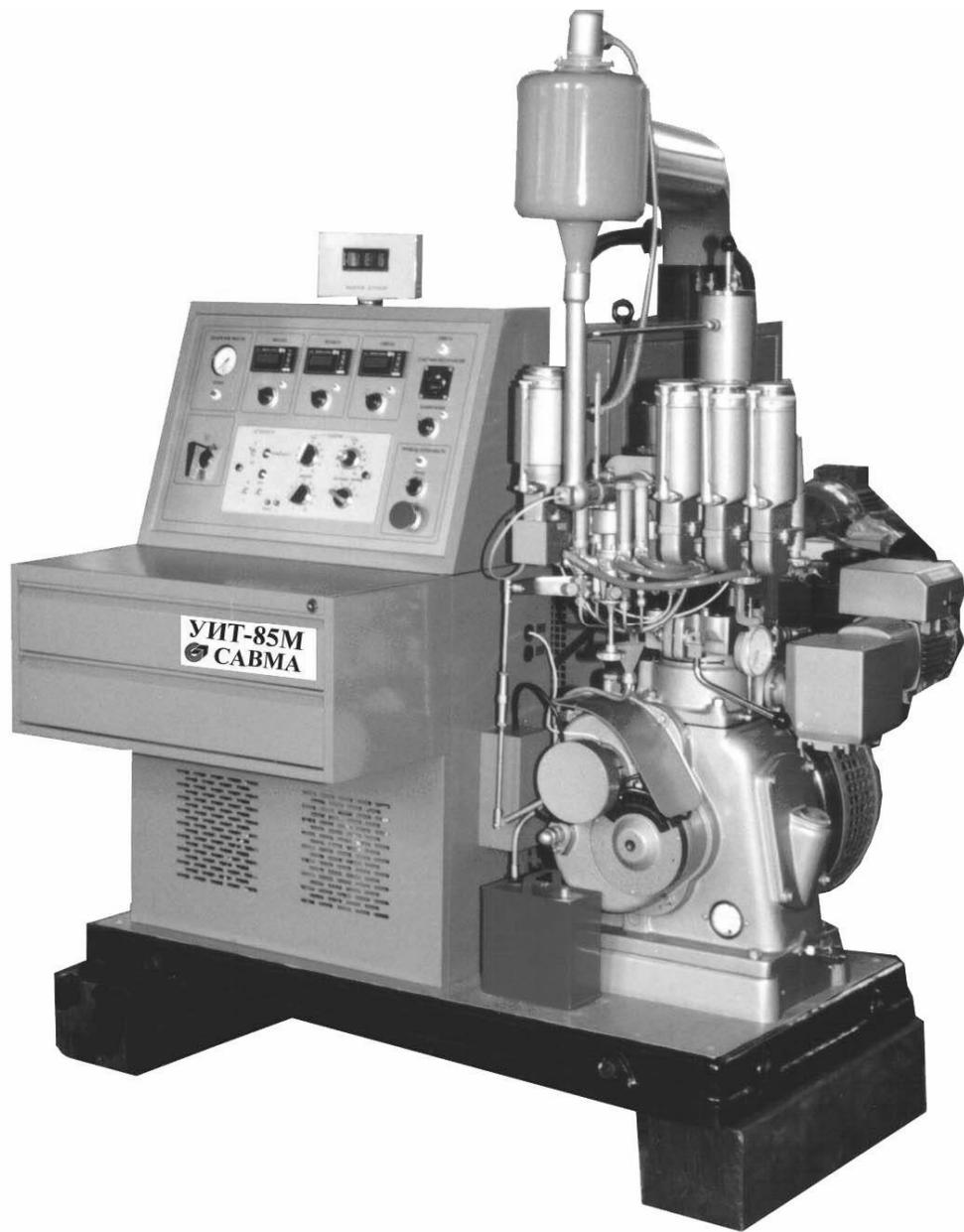


Таблица 5 - Режим работы двигателя при определении октановых чисел по моторному методу

| Наименование показателя | Норма |
|--|---------------|
| Частота вращения коленчатого вала двигателя, с ⁻¹ (об/мин) | 15±0,15 (900) |
| Давление масла, Па (кгс/см ²) | 1,96±0,310* |
| Температура, °С: | (1,96±0,3) |
| – масла | 60±10 |
| – охлаждающей жидкости | 100±2 |
| – поступающего в карбюратор воздуха | 50±5 |
| Абсолютная влажность поступающего в двигатель воздуха, г воды на 1 кг сухого воздуха | От 3,5 до 7 |

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

При установившемся рабочем режиме на испытуемом бензине регулируют состав топливоздушную смеси на максимальную интенсивность детонации. Устанавливают степень сжатия такой, чтобы интенсивность детонации была ниже стандартной (примерно 40...45 делений по указателю детонации). Записывают уровень топлива по мерному стеклу. Затем обогащают смесь, повышая уровень топлива через интервалы в одно деление, и для каждого положения уровня регистрируют интенсивность детонации. Так продолжают до тех пор, пока показания указателя детонации не упадут на три-четыре деления по сравнению с наибольшим значением. Далее устанавливают уровень топлива по мерному стеклу карбюратора в положение, которое соответствует максимальному показанию указателя детонации. Затем снижают уровень топлива через интервал в одно деление до тех пор, пока показания указателя детонации не уменьшатся на три-четыре деления от максимального значения. Уровень топлива устанавливают на делении, при котором была наибольшая детонация, или между делениями, при которых наблюдалась детонация одинаковой степени. Найденное таким образом положение уровня топлива соответствует регулировке состава смеси на максимальную интенсивность детонации.

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

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

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

Если показания указателя детонации при работе на испытуемом бензине находятся между показаниями эталонных смесей, вычисляют приблизительное значение октанового числа испытуемого бензина по полученным показаниям указателя детонации.

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

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

Определение октановых чисел исследовательским методом. При определении октановых чисел по исследовательскому методу применяют ту же одноцилиндровую установку, что и при моторном методе. Однако режим исследовательского метода более «мягкий» по сравнению с

моторным методом (табл. 6), в связи с этим октановое число одних и тех же бензинов получается на четыре — девять единиц выше.

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

Таблица 6

Режим работы двигателя при определении октановых чисел по исследовательскому методу

| Наименование показателя | Норма |
|---|----------------------------|
| Частота вращения коленчатого вала двигателя, с ⁻¹ , (об/мин) | 10±0,1 (600±6) |
| Давление масла во время работы двигателя, Па (кГс/см ²) | (1,96±0,3) 10 ^E |
| Температура, °С: | |
| — масла в картере | 60±10 |
| — охлаждающей жидкости | 100±2 |
| — поступающего в карбюратор воздуха | 52±1 |
| Влажность поступающего в двигатель воздуха, г воды на 1 кг сухого | 3,5. . . 7 |

5 Обработка результатов.

Октановое число A испытуемого бензина находят методом интерполяции по формуле

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

где A_1 и A_2 - процентное (по объему) содержание изооктана в эталонной смеси, детонирующей сильнее и слабее испытуемого бензина, % по объему;

a — среднее арифметическое отсчетов по указателю детонации для испытуемого топлива;

a_1 и a_2 — среднее арифметическое результатов из отсчетов по указателю детонации для смесей A_1 и A_2 .

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

6 Вопросы выходного контроля.

Работа № 6

Определение низкотемпературных свойств дизельного топлива

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения застывания дизельного топлива и температуры помутнения;
- 2) проведение испытаний по определению застывания дизельного топлива и температуры помутнения;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы дизельного топлива, лабораторная установка для определения застывания дизельного топлива и температуры помутнения, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

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

Т е м п е р а т у р а п о м у т н е н и я - это температура, при которой меняется фазовый состав топлива, так как наряду с жидкой фазой появляется твердая. При этой температуре топливо в условиях испытания начинает мутнеть.

Т е м п е р а т у р а з а с т ы в а н и я - это температура, при которой топливо полностью теряет подвижность.

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

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

Температура застывания ниже температуры помутнения на $5...10^{\circ}\text{C}$. При понижении температуры растущие кристаллы парафиновых углеводородов образуют пространственную решетку, внутри ячеек которой находятся жидкие углеводороды топлива. При температуре застывания топлива кристаллическая структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть и приобретает студнеобразный вид.

Для обеспечения нормальной работы дизельного двигателя необходимо, чтобы температура застывания топлива была на $8...12^{\circ}$ ниже температуры окружающего воздуха.

4 Проведение испытаний.

Температуры застывания и помутнения определяют с помощью специальных приборов.

Определение температуры застывания. Прибор для определения температуры застывания показан на рисунке 6. Испытуемое топливо заливают в пробирку 2 и помещают в стеклянную пробирку-муфту 1. Сверху пробирку-муфту закрывают пробкой 3. Прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью. При проведении опыта дизельное топливо перемешивают мешалкой 5, температуру измеряют термометром 4.

Применяют следующие охлаждающие смеси.

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

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

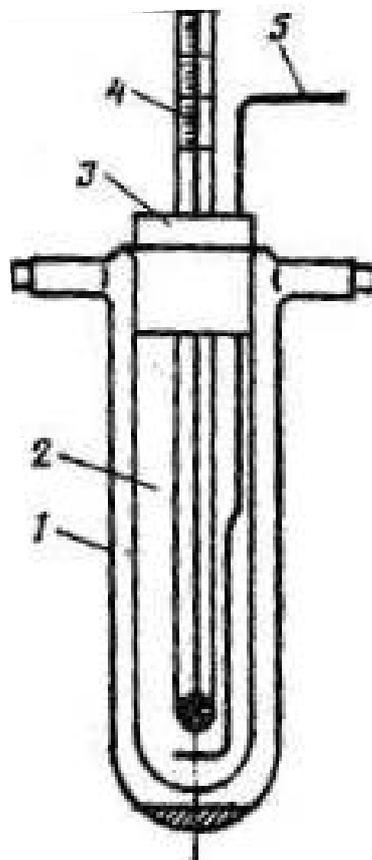


Рис. 6. Прибор для определения температуры застывания дизельного топлива: 1 - пробирка муфта; 2 - пробирка; 3 - пробка; 4 - термометр; 5 - мешалка.

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

Собранный прибор опускают в охлаждающую смесь и устанавливают в строго вертикальном положении. Затем начиная с температуры, которая на 9°C выше предполагаемой температуры застывания дизельного топлива, через каждые 3°C вынимают пробирку из пробирки-муфты и наблюдают за подвижностью дизельного топлива при наклоне. Извлекать пробирку из муфты и устанавливать ее обратно надо не более чем за 3 с. Когда при наклоне пробирки дизельное топливо остается неподвижным, пробирку устанавливают в горизонтальное положение и наблюдают за поверхностью топлива. Если в течение 5 с будет обнаружено смещение поверхности топлива, снова устанавливают пробирку в пробирку-муфту и проверяют текучесть топлива после охлаждения еще на 3°C .

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

Определение температуры помутнения. Это испытание проводят в стеклянной пробирке с двойными стенками, внутренний диаметр которой 25...33 мм, наружный - 35...43 мм. На внутренней стенке на высоте 40 мм от дна сделана метка 2 (рис. 7, а). Если боковые отростки пробирки не запаяны, то в ее наружную часть для предупреждения появления росы на стенках наливают $0,5...1 \text{ см}^3$ серной кислоты. Пробирку закрывают корковой пробкой, в которой укреплен термометр 3 и через которую проходит мешалка 1. Мешалки могут ручными или механическими, из стекла или металла. Пробирка с испытуемым дизельным топливом охлаждается в цилиндрическом сосуде со смесью из спирта и твердого диоксида углерода. Сосуд снабжен тепловой изоляцией, в его крышке находятся отверстия для пробирки, термометра и подачи твердого диоксида.

Помутнение дизельного топлива наблюдают в приборе с зеркальным

отражением света. Прибор выполнен в виде металлического ящика, разделенного перегородкой на две одинаковые части. Каждая часть разделена по всей высоте перегородкой на два неравных отсека. Внизу перегородки находится щель для прохождения отраженного света. В крышку ящика вмонтированы электролампы 4 (рис. 7,б), при закрытой крышке они располагаются в крайних отсеках. В крышке выполнены отверстия 1 для пробирок. На передней стенке ящика находится два окна 2 для наблюдения за испытуемым топливом. Боковые и задние стенки ящика снабжены вентиляционными щелями 3. Свет через щели с матовыми стеклами падает на пробирки с испытуемым дизельным топливом. В освещенной пробирке хорошо видно появление мути.

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

Используют две пробирки с двойными стенками. Одна из пробирок предназначена для испытания дизельного топлива в охлаждающей смеси. В нее заливают до метки испытуемое топливо, температура которого должна быть 18...20⁰С. Во вторую пробирку также наливают испытуемое топливо до метки и вставляют в прибор с зеркальным отражением в качестве прозрачного эталона. Пробирки закрывают корковыми пробками с термометром и мешалкой. Шарик термометра должен находиться в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и на одинаковом расстоянии от стенок. Затем пробирку с испытуемым дизельным топливом и термометром подогревают в водяной бане до температуры 50⁰С. В сосуд для охлаждающей смеси помещают термометр и наливают спирт. Уровень спирта должен быть на 30...40 мм выше уровня топлива в пробирке. Затем спирт начинают постепенно добавлять твердую угольную кислоту. Температура спирта должна быть ниже предполагаемой температуры помутнения на 10⁰С.

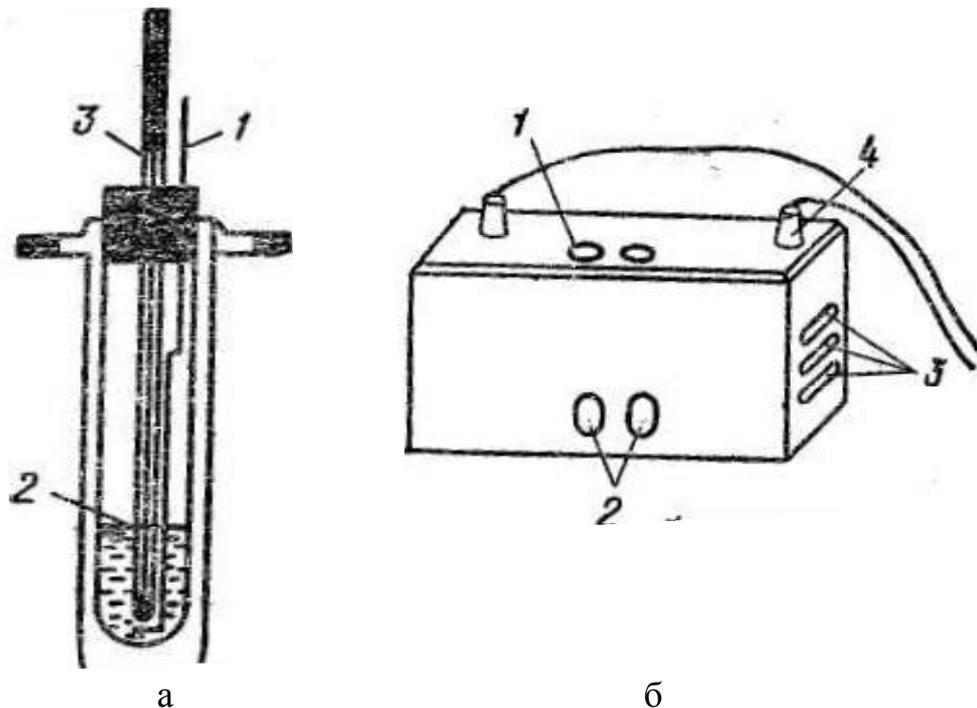


Рис. 7. Прибор для определения температуры помутнения: а - пробирка: 1 - мешалка; 2 - метка; 3 - термометр; б - общий вид прибора: 1 - отверстия для пробирок; 2 - смотровые окна; 3 - щели для вентиляции; 4 - лампы.

Температуру пробирки с испытуемым топливом снижают до 30...40⁰С и устанавливают пробирку в сосуд с охлаждающей смесью.

При охлаждении топливо перемешивают мешалкой со скоростью от 60 до 200 движений в минуту. За 5⁰С до предполагаемой температуры помутнения топлива пробирку вынимают из охлажденной смеси, протирают ее снаружи спиртом, помещают в прибор с зеркальным отражением света и включают лампы. Через смотровые окна следят за состоянием топлива и сравнивают его с прозрачным эталоном. Эта операция должна занимать не более 12 с. После каждого наблюдения необходимо включать лампы.

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

Если прозрачность испытуемого дизельного топлива по сравнению с эталоном не изменилась, то пробирку опять помещают в баню и далее наблюдения проводят через каждый 1⁰С до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона. Температуру помутнения испытуемого дизельного топлива фиксируют в тот момент, когда топливо становится мутным.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

5 Вопросы выходного контроля.

Работа № 7

Определение цетанового числа дизельного топлива по совпадению вспышек

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения цетанового числа дизельного топлива;
- 2) проведение испытаний по определению цетанового числа дизельного топлива по совпадению вспышек;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы дизельного топлива, моторная установка ИТ9-3, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях, особенно высокооборотных, происходят за очень короткое время, которое соответствует $15...20^\circ$ поворота коленчатого вала. Это время примерно в 10 раз меньше, чем в карбюраторных двигателях.

Горючая смесь высокооборотных дизелей образуется непосредственно в цилиндре.

Качество смесеобразования и сгорания топлива зависит от давления и температуры сжатого воздуха, концентрации паров топлива в воздухе, тонкости распыла, испаряемости и химического состава топлива. Химический состав топлива является решающим фактором, определяющим температуру самовоспламенения, период задержки воспламенения и скорость распространения пламени в горючей смеси.

Период задержки воспламенения в дизеле предшествует процессу самовоспламенения. Этот период продолжается от начала подачи топлива в камеру сгорания до момента его воспламенения.

В период задержки воспламенения происходит целый ряд физико-химических процессов: распыливание топлива, перемешивание его с воздухом, нагревание до температуры сжатого воздуха и испарение. Одновременно с этим протекают сложные химические реакции многостадийного окисления углеводородов. В горючей смеси образуются неустойчивые кислородсодержащие соединения — перекиси, гидроперекиси, альдегиды и т. п., которые затем распадаются. Этот

распад сопровождается выделением части (10...15 %) энергии, содержащейся в топливе, и слабым холодным голубым свечением. В результате предпламенных реакций выделяется теплота, повышается температура горючей смеси, увеличивается скорость химических реакций, холоднопламенный процесс переходит в горячий, происходит самовоспламенение и горение топлива.

Дизельное топливо состоит в основном из парафиновых, нефтяных и ароматических углеводородов. Наиболее склонны к окислению и самовоспламенению парафиновые углеводороды, более устойчивы нефтены и наиболее стойкие — ароматические углеводороды.

Если период задержки воспламенения слишком велик, то смесь воспламеняется с опозданием, при этом в цилиндре дизеля накапливается и воспламеняется большая порция топлива. Это вызывает резкое нарастание давления, возникают стуки, наблюдается так называемая жесткая работа. В этом случае увеличиваются износ деталей, прорыв газов в картер двигателя, расход топлива.

Если при повороте коленчатого вала на 1° давление в цилиндре возрастает на 0,25...0,5 МПа, то работа мягкая, на 0,6...0,9 МПа — жесткая, а более чем на 1 МПа — очень жесткая, вызывающая быстрый износ двигателя. Оценкой самовоспламеняемости служит цетановое число, зависящее от химического состава топлива.

Цетановое число дизельного топлива равно содержанию (% по объему) цетана в смеси с альфаме-тилнафталином, эквивалентной по воспламеняемости испытываемому топливу.

4 Проведение испытаний.

Цетановое число дизельного топлива определяют по методу совпадения вспышек на одноцилиндровых моторных установках типа ИТ9-3, ИТ9-3М и ИТД-69. Моторная установка ИТ9-3 показана на рисунке 8.

В таблице 7 даны условия, которые следует соблюдать при определении цетановых чисел на моторной установке.

Таблица 7 - Режим работы двигателя при определении цетанового числа

| Наименование показателя | Норма |
|-------------------------|-------|
|-------------------------|-------|

| | |
|---|-----------------|
| Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ (об/мин) | 900±10 |
| Степень сжатия | Переменная от 7 |
| Температура, °С: | |
| охлаждающей жидкости в зарубашечном пространстве цилиндра | до 23 |
| воды, | 100±2 |
| охлаждающей форсунку воздуха при впуске в двигатель | 38-63 |
| масла в картере | 65±1 |
| Давление впрыскивания топлива, МПа | 50. . .65 |
| Угол опережения впрыскивания топлива, град до в. м. т. | 104±0,4 |
| Количество впрыскиваемого топлива, мл/мин | 13 |
| | 13±0,5 |

При определении цетанового числа применяют первичное и вторичное эталонное топливо.

Первичное эталонное топливо — это смесь цетана и альфаметилнафталина. Воспламеняемость цетана принята за 100 единиц, а альфаметилнафталина — за 0. Цетан при сгорании в дизеле дает небольшой период задержки воспламенения и обеспечивает мягкую работу двигателя. Альфаметилнафталин очень трудно окисляется и воспламеняется, дает большой период задержки воспламенения и очень жесткую работу двигателя.

Вторичное эталонное топливо — это смесь газойля прямой перегонки из парафинистых малосернистых нефтей и зеленого масла, очищенного серной кислотой.

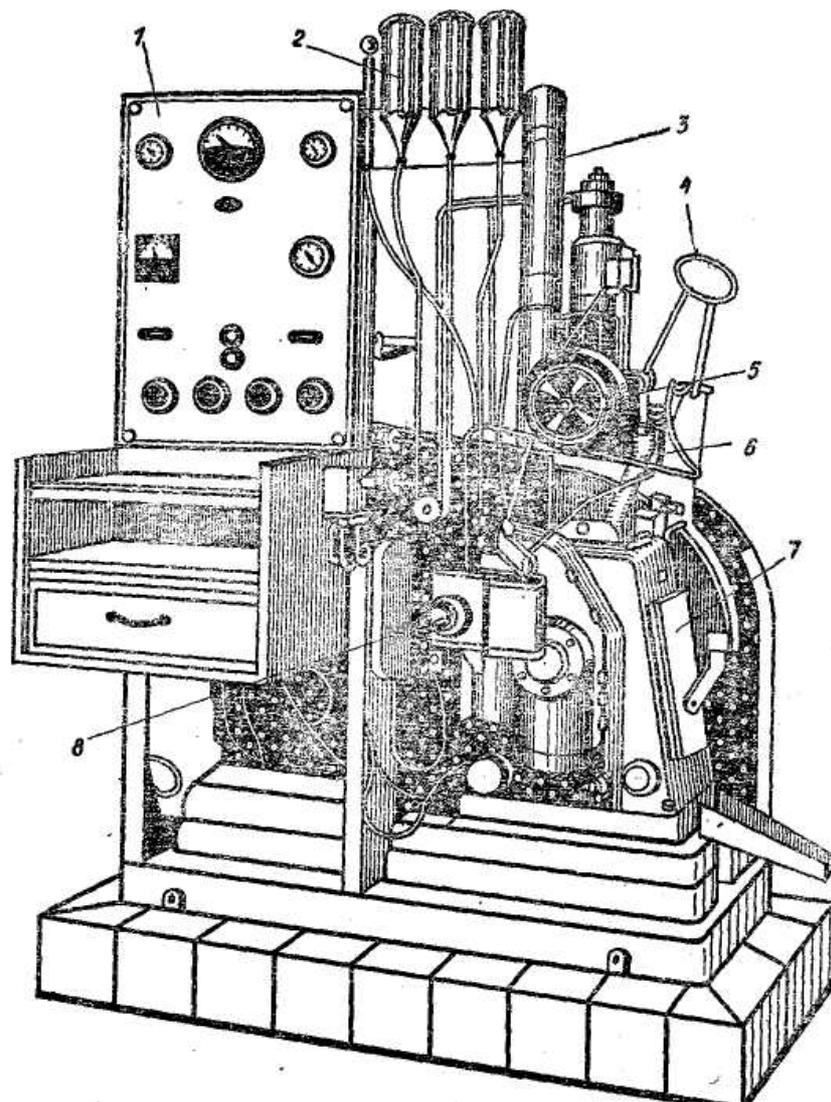


Рисунок 8 - Моторная установка ИТ9-3 для определения цетанового числа дизельного топлива:

1 — пульт управления; 2 — топливный бак; 3 — электроподогреватель воздуха; 4 — зеркало для наблюдения за вспышками; 5 — механизм изменения степени сжатия; 6 — форсунка; 7 — одноцилиндровый дизель; 8 — насос высокого давления.

Испытание заключается в сравнении самовоспламеняемости испытуемого дизельного топлива и эталонного. Самовоспламеняемость испытуемого дизельного топлива определяют следующим образом. Двигатель пускают после предварительного подогрева картерного масла до 55... 60 °С. Прогревают и устанавливают рабочий режим двигателя на товарном дизельном топливе, затем в топливный бак 2 (рис. 8) заливают испытуемое дизельное топливо и переключают на него моторную установку.

Во время работы двигателя на испытуемом топливе изменением положения рейки топливного насоса высокого давления устанавливают расход топлива $13 \pm 0,5$ мл/мин.

Регулируя зазор между контактами индикатора впрыскивания и микрометрического винта топливного насоса, добиваются, чтобы угол опережения впрыскивания топлива составлял 13° до в. м. т.

Устанавливают критическую степень сжатия.

Критическая степень сжатия — это наименьшая степень сжатия, при которой двигатель работает без пропусков самовоспламенения.

Затем окончательно настраивают индикаторы впрыскивания и воспламенения, снабженные неоновыми лампочками. Сначала добиваются, чтобы лампочки индикатора на ободу маховика давали сплошные полосы света. Затем регулируют индикаторы до появления срезанного конца светящейся полосы неоновой лампочки.

Устанавливают степень сжатия совпадения вспышек неоновых ламп, при этом срезанные концы светящихся полос индикаторов впрыскивания и воспламенения должны находиться на одном уровне. Такое положение двух светящихся полос со срезанными концами на ободу маховика свидетельствует о совпадении вспышек индикаторов впрыскивания и воспламенения. В этом случае разница между моментом впрыскивания и воспламенения будет составлять 13° поворота коленчатого вала.

Сравнение испытуемого дизельного топлива с эталонными смесями состоит в подборе двух смесей из цетана и альфаметилнафталина. Одна смесь должна давать совпадение вспышек неоновых ламп при большей степени сжатия, другая — при меньшей, чем степень сжатия совпадения вспышек, найденная для испытуемого дизельного топлива. Эти смеси должны различаться не более чем на четыре цетановые единицы. Определяют степени сжатия совпадения вспышек для испытуемого топлива и эталонных смесей попеременно не менее 3 раз.

Испытуемое дизельное топливо сравнивают со вторичными эталонными смесями по той же методике и в той же последовательности, что и со смесями из цетана и альфаметилнафталина. Результаты определения цетановых чисел по совпадению вспышек указывают в целых единицах.

5 Вопросы выходного контроля.

Работа № 8

Определение содержания серы в дизельном топливе

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения содержания серы в дизельном топливе;
- 2) проведение испытаний по определению содержания серы в дизельном топливе;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы дизельного топлива, аппарат для определения серы в нефтепродуктах типа ОС, стеклянный водоструйный насос или другой, создающий разрежение, бюретки или микробюретки, пипетки, 0,05 % раствор соляной кислоты, 0,3 %-ный раствор углекислого безводного натрия, 0,05%-ый раствор индикатора метиловооранжевого, этиловый спирт-ректификат технический, бензин-растворитель или петролейный эфир, хромовая смесь (хромпик), вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

Сера в нефтепродуктах, в том числе и в дизельном топливе, может быть как в свободном, так и в связанном состоянии в виде сероводорода H_2S или других органических соединений. Сероводород относится к *активной группе*; при контакте с металлами деталей двигателя вступает с ними в реакцию. Другая группа сернистых соединений — *неактивная, или нейтральная*, — непосредственно на металл не действует, но при сгорании топлива способствует образованию коррозионно-активных оксидов серы. Эти оксиды вызывают основную коррозию деталей двигателя. Сернистая коррозия наиболее распространена в теплонапряженных форсированных двигателях.

Сернистая коррозия может быть *газовой* или *жидкостной*.

Сернистый SO_2 и серный SO_3 ангидриды, образующиеся при сгорании топлива в камере сгорания двигателя, служат причиной газовой коррозии верхней части Цилиндра и первого поршневого кольца.

Оксиды серы, прорываясь с продуктами сгорания в картер двигателя, вступают в контакт с парами воды образуют сернистую и серную кислоты. Они вызывают жидкостную коррозию, увеличивающую главным образом износ подшипников кривошипно-шатунного механизма.

Кроме того, сера в топливе способствует быстрому отложению нагаров на деталях двигателя, повышению их твердости и тем самым ускорению абразивного износа деталей.

Известно, что при увеличении содержания серы в дизельном топливе с 0,2 до 0,5 % износ деталей двигателя повышается на 25...30 %, а при увеличении содержания ее до 1 % износ возрастает вдвое. Поэтому содержание серы в дизельном топливе строго нормируется стандартом и все виды дизельного топлива разбиваются на две подгруппы:

малосернистые, содержащие до 0,2 % серы, и *сернистые*, содержащие до 0,5 % серы.

Содержание серы в дизельном топливе определяют при сжигании навески топлива с разбавителем в лампе, последующем поглощении образовавшегося сернистого ангидрида SO_2 раствором углекислого натрия и титрованием соляной кислотой.

4 Проведение испытаний.

Для работы необходимы следующие приборы и материалы: аппарат для определения серы в нефтепродуктах типа ОС; стеклянный водоструйный насос или другой, создающий разрежение; бюретки или микробюретки, пипетки; 0,05 % раствор соляной кислоты; 0,3 %-ный раствор углекислого безводного натрия; 0,05%-кый раствор индикатора метиловооранжевого; этиловый спирт-ректификат технический; бензин-растворитель или петролейный эфир; хромовая смесь (хромпик).

Схема лабораторного прибора для определения содержания серы ламповым методом показана на рисунке 9.

Перед сборкой прибора сначала удаляют копоть со всех его поверхностей, промывая его хромпиком, затем тщательно смывают водопроводной водой и ополаскивают дистиллированной.

Промывают лампочку и фитиль бензином-растворителем или петролейным эфиром.

Лампочку предварительно взвешивают с колпачком, но без фитиля и его трубочки, наливают в нее 0,9... 1 см³ испытуемого дизельного топлива.

После этого лампочку закрывают колпачком, снова взвешивают, добавляют 3 см³ растворителя и вставляют трубочку с фитилем.

Массу m (г) испытуемого топлива определяют по разности масс лампочки с дизельным топливом и пустой. Взвешивают на аналитических весах с погрешностью не более 0,0004 г.

Для проведения контрольного опыта в лампочку наливают, не взвешивая, растворитель, которым разбавляли дизельное топливо и в том же количестве, но с учетом 2 см³ на промывку фитиля.

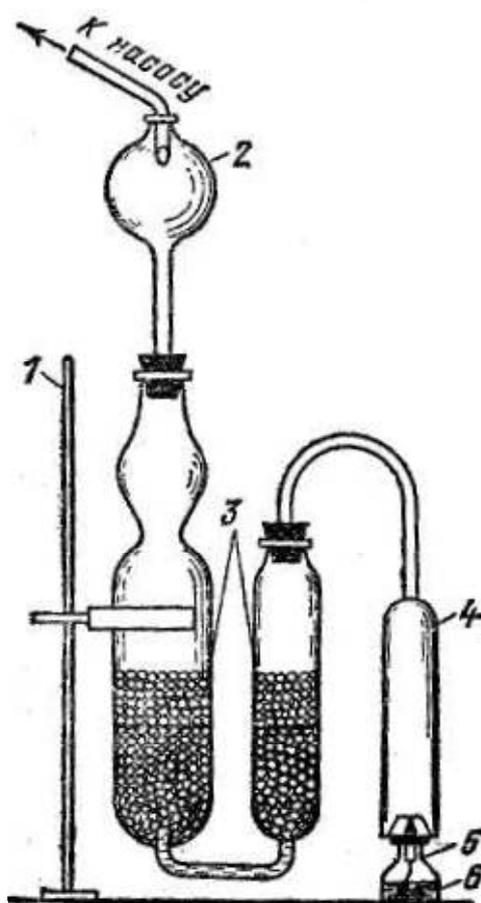


Рисунок 9 - Прибор для определения содержания серы ламповым методом

После сборки прибора включают насос для просасывания воздуха через абсорберы. Затем зажигают фитиль лампочки и ставят ее под ламповое стекло. Край фитильной трубочки должен выступать над нижним краем лампового стекла не более чем на 8 мм.

Лампочку зажигают только от спиртовки, так как ее пламя не содержит серы. Пользоваться спичками не разрешается. Затем регулируют высоту пламени (6...8мм).

Скорость всасывания воздуха регулируют зажимом на трубке выше брызгоуловителя так, чтобы пламя не коптило.

После полного сгорания смеси топлива с растворителем в лампочку дополнительно наливают два раза по 1 см³ растворителя и сжигают его. Затем лампочку гасят, закрывают ее колпачком и спустя некоторое время выключают насос.

Разобрав аппарат, тщательно промывают каплеуловитель, ламповое стекло и верхнюю часть адсорбера дистиллированной водой, подкрашенной метиловым оранжевым (3 см³ на 1 л воды). Промывную воду сливают в адсорбер, в котором SO₂ поглощается раствором углекислого натрия. Промывку заканчивают при окрашивании воды в розовый цвет.

Затем присоединяют водоструйный насос или резиновую грушу к большому резервуару адсорбера при помощи пробки с пропущенной через нее стеклянной трубкой и перемешивают растворы в адсорберах, переливая их из одного в другой и обратно.

В случае окрашивания раствора в адсорбере в розовый цвет испытание повторяют, но только уже с меньшей пробой дизельного топлива.

После этого приступают к титрованию растворов. Сначала титруют раствор с продуктами сгорания контрольной жидкости 0,05 н раствором HCl до розовой окраски (контрольный опыт). При титровании растворы перемешивают также с помощью водоструйного насоса или груши. Переливая их из одного адсорбера в другой.

Затем титруют раствор, содержащий продукты сгорания испытуемого топлива. Конец титрования определяют по появлению розовой окраски, одинаковой с окраской оттитрованного контрольного раствора.

Если окажется, что на титрование израсходовано менее 3 см³ раствора соляной кислоты (когда в адсорбер залито 10 см³ раствора углекислого натрия), то испытание считают недействительным. Его повторяют, но уже с меньшей пробой испытуемого дизельного топлива.

Содержание серы подсчитывают по формуле:

$$S = \frac{(V - V_1)K}{m} \cdot 0,0008 \cdot 100$$

где $V - V_1$ - объемы 0,05н раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование контрольного опыта и раствора после поглощения продуктов сгорания топлива, см³;

K – поправочный коэффициент к титру 0,05н раствора соляной кислоты, г;

0,0008 – масса серы, эквивалентная 1 см³ 0,05н раствора соляной кислоты, г;

m – масса сгоревшего в лампочке топлива, г.

Полученные результаты сравнивают с требованиями ГОСТа на дизельное топливо.

5 Вопросы выходного контроля.

Работа № 9

Определение кинематической вязкости нефтепродукта

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения кинематической вязкости нефтепродукта;
- 2) проведение испытаний по определению кинематической вязкости моторных масел;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы моторного масла, термометр, термостат, капиллярные вискозиметры, технический этиловый спирт, дистиллированная вода, вычислительная машинка.

3 Общие сведения.

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

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

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

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

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

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

$$\eta = \nu \cdot \rho$$

Кинематическая вязкость - то отношение динамической вязкости η к ее плотности ρ при той же температуре:

$$\nu = \eta / \rho$$

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

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

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

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

Для определения кинематической вязкости нефтепродуктов применяются капиллярные вискозиметры из стекла с малым коэффициентом температурного расширения (табл. 8)

Таблица 8 - Вискозиметры, применяемые для различных диапазонов вязкости

| Тип вискозиметра | Диапазон вязкости, мм ² /с |
|---|---------------------------------------|
| Вискозиметры типа Оствальда для прозрачных жидкостей: | |
| – Канон-Фенске | 0,5...20000 |
| – Пинкевича (ВПЖТ-4) | 0,6.. .10000 |
| – БПЖТ-2 | 0,6... 17 000 |
| Вискозиметры с висячим уровнем для прозрачных жидкостей: | |
| – ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ) | 0,6...30000 (3,5...100000) |
| – Уббелоде | 0,3... 100 000 |
| Вискозиметры с обратным протоком для прозрачных и непрозрачных жидкостей: | |
| – ВПЖТ (Калон-Фенске-Опакв) | 0,6... 20 000 (0,4.. .20000) |
| – БС/ИП/РФ | 0,6...300000 |

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

В качестве термостата или бани вискозиметра используют прозрачный сосуд (рис. 10). Нефтепродукт, находящийся в вискозиметре, погружают не менее чем на 20 мм ниже уровня жидкости в бане и на 20 мм над дном сосуда. Баню вискозиметра снабжают устройством для регулирования температуры жидкости.

Для заполнения термостата используют следующие жидкости: технический этиловый спирт — для температуры от -60 до $+15^{\circ}\text{C}$; дистиллированную воду — для температуры от 15 до 60°C ; глицерин или раствор глицерина с водой 1: 1 или С1 для температуры свыше 60°C .

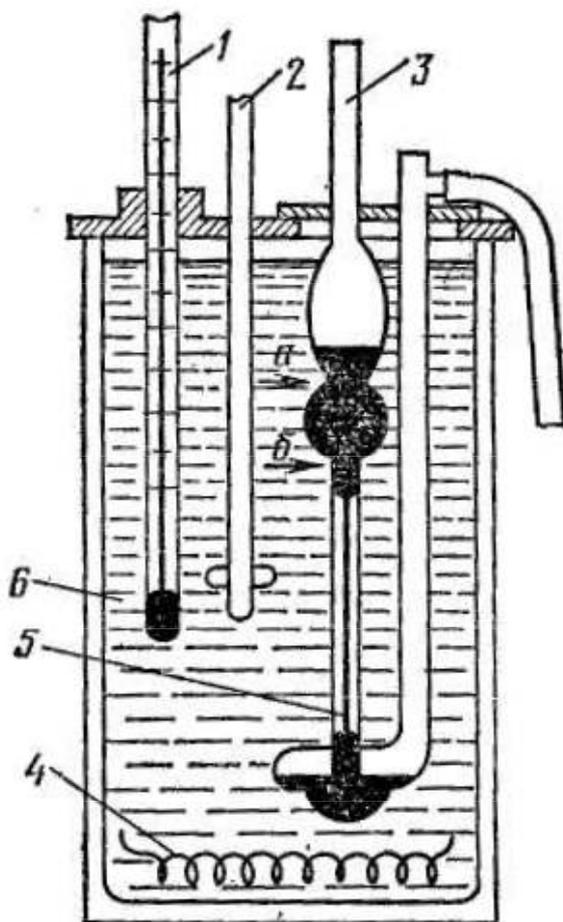


Рисунок 10 - Прибор для определения кинематической вязкости нефтепродукта: 1- термометр; 2 - мешалка; 3 - вискозиметр; 4 — электроподогреватель; 5-капилляр вискозиметра; 6 — термостат (баня).

4 Проведение испытаний.

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

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

Работа с вискозиметрами различных типов производится следующим образом.

Вискозиметр Канон-Фенске. Для за пол не., нкя его испытуемым нефтепродуктом на трубку 2 (рис 11, а) надевают резиновую трубку, трубку 1 погружают в нефтепродукт и засасывают его с помощью резиновой груши или водоструйного насоса до метки M_2 . Вынимают вискозиметр из сосуда с нефтепродуктом и возвращают в нормальное положение. На конец трубки 1 надевают резиновую трубку. Затем вискозиметр помещают в баню и выдерживают в ней 30 мин, при этом расширение 3 должно находиться ниже уровня жидкости в бане. Далее нефтепродукт засасывают в расширение 4, пример, но на 5 мм выше метки M_x и измеряют время перемещения мениска от метки M_1 до M_2 .

Вискозиметр Пинкевича (ВПЖТ-4) и ВПЖТ-2. На отводную трубку 3 (рис. 11, б и в) надевают резиновую трубку. Затем, зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, погружают колено 1 в нефтепродукт и засасывают его до метки M_2 при помощи резиновой груши. Когда уровень нефтепродукта достигнет метки M_2 , вискозиметр вынимают и переворачивают. Снимают с конца колена / избыток нефтепродукта. Затем на этот конец надевают резиновую трубку и устанавливают вискозиметр в термостат так, чтобы расширение находилось ниже уровня термостатирующей жидкости. Вискозиметр выдерживают при заданной температуре не менее 15 мин, затем засасывают нефтепродукт в колено / примерно на U_3 высоты расширения 4. Сообщив колено / с атмосферой, измеряют время перемещения мениска нефтепродукта от метки M_1 до M_2 .

Вискозиметр ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ). Испытуемый нефтепродукт наливают в вискозиметр через трубку / (рис. 11, з). Уровень его должен располагаться между метками M_3 и M_4 . На трубки 2 и 3 надевают ре-

зиновые трубки. Первая из них снабжена краном, вторая — краном и резиновой грушей. Вискозиметр устанавливают вертикально в термостат так, чтобы уровень жидкости был на несколько сантиметров выше расширения 4.

При заданной температуре вискозиметр выдерживают не менее 15 мин, затем засасывают грушей при закрытой трубке 2 нефтепродукт выше метки M_u примерно до середины расширения 4, и закрывают кран, который соединен с трубкой 3. Затем открывают этот кран, освобождают зажим на трубке 2 и измеряют время перемещения уровня нефтепродукта в трубке 3 от метки M_1 до M_2 . Необходимо, чтобы к моменту подхода уровня жидкости к метке M_1 в расширении 5 образовался «висячий уровень», а в капилляре не было пузырьков воздуха.

Вискозиметр Уббелоде. Вискозиметр поворачивают на 30° от вертикального положения, при этом сосуд 7 (рис. 11, д) должен оказаться над капилляром. Через трубку 1 вносят пробу; ее уровень должен достигать метки M_4 . Далее вискозиметр возвращают в нормальное положение, уровень жидкости не должен быть выше метки M_3 . Вискозиметр помещают в баню и выдерживают 20 мин. На трубку 3 надевают резиновую трубку, трубку 2 закрывают пальцем и засасывают нефтепродукт до половины расширения 4. Далее трубку 2 открывают, нефтепродукт протекает из этой трубки в сосуд 6, при этом должен образоваться «висячий уровень». Освобождают трубку 3 и измеряют время перемещения мениска жидкости от метки M_1 до M_2 .

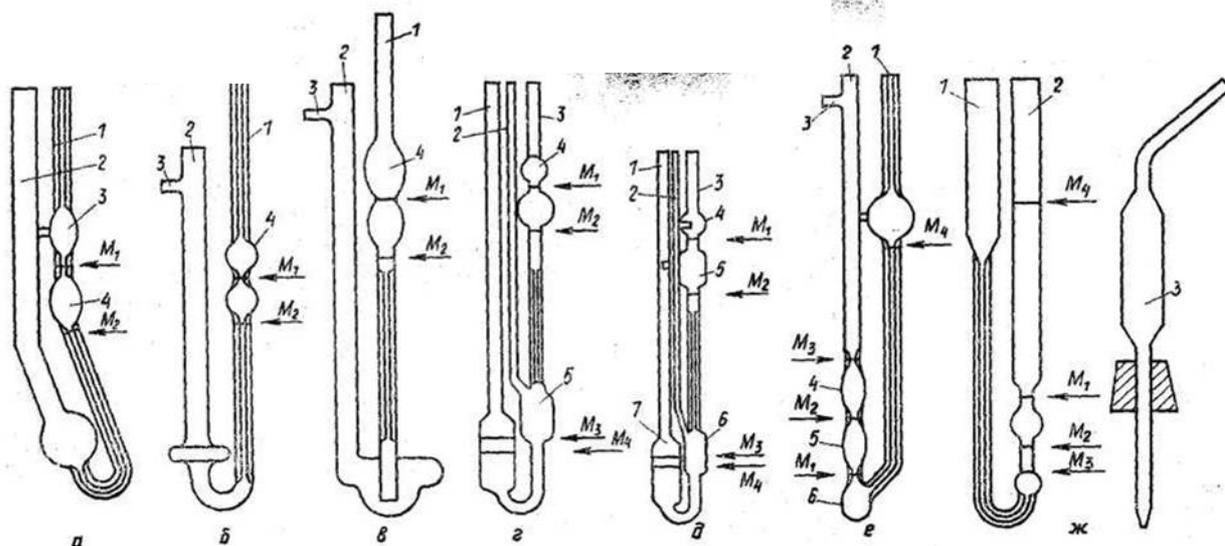


Рисунок 11 – Вискозиметры

Вискозиметр ВНЖТ (Канон-Фенске-Опакв). На отводную трубку 3 (рис. 11,е) надевают резиновую трубку. Зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, засасывают нефтепродукт до метки M_4 . Затем вискозиметр переворачивают и надевают на конец колена 1 резиновую

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

Вискозиметр БС/ИП/РФ. Его устанавливают в баню так, чтобы метка M_4 (рис. 11, ж) была на 3 см выше уровня жидкости в бане, а капилляр занимал вертикальное положение. Пипеткой в трубку / вносят пробу нефтепродукта. Закрывают трубку 2 и останавливают течение нефтепродукта тогда, когда его уровень на 5 мм ниже метки M_3 . Затем пробу доливают до метки M вискозиметр выдерживают в бане 20...30 мин.

Освобождают трубку 2, доводят уровень нефтепродукта до метки M_3 и снова закрывают трубку 2. Пипеткой 3 с предохранительным упором устанавливают нефтепродукт точно по метке M

5 Обработка результатов.

Вязкость нефтепродукта при температуре t °С находится по формуле:

$$v = C\tau_t$$

где C — постоянная вискозиметра;

τ_t — время, за которое нефтепродукт перетекает от метки a к метки b ,с.

6 Вопросы выходного контроля.

Работа № 10

Определение вязкостно-температурных свойств моторного масла

1 Содержание работы:

- 1) подготовка и проверка лабораторной установки для определения кинематической вязкости нефтепродукта;
- 2) проведение испытаний по определению кинематической вязкости моторных масел;
- 3) обработка результатов.

2 Оборудование и инструменты.

Образцы моторного масла, термометр, термостат, капиллярные вискозиметры, технический этиловый спирт, дистиллированная вода,

вычислительная машинка.

Общие сведения.

Вязкость служит основным параметром моторных масел. По нему масла маркируют. От вязкости моторного масла при рабочих температурах в двигателе зависит качество смазывания трущихся деталей и их износ.

Вязкость моторного масла изменяется в зависимости от температуры: с повышением температуры вязкость понижается. Интенсивность изменения вязкости масла при изменении температуры у различных моторных масел неодинакова. Характер вязкостно-температурной кривой оценивается индексом вязкости (ИВ).

И н д е к с в я з к о с т и характеризует изменение вязкости масел в зависимости от температуры, то есть пологость вязкостно-температурной кривой масла.

Вязкость моторных масел с высоким индексом при изменении температуры изменяется незначительно, а вязкость масел с низким индексом - значительно.

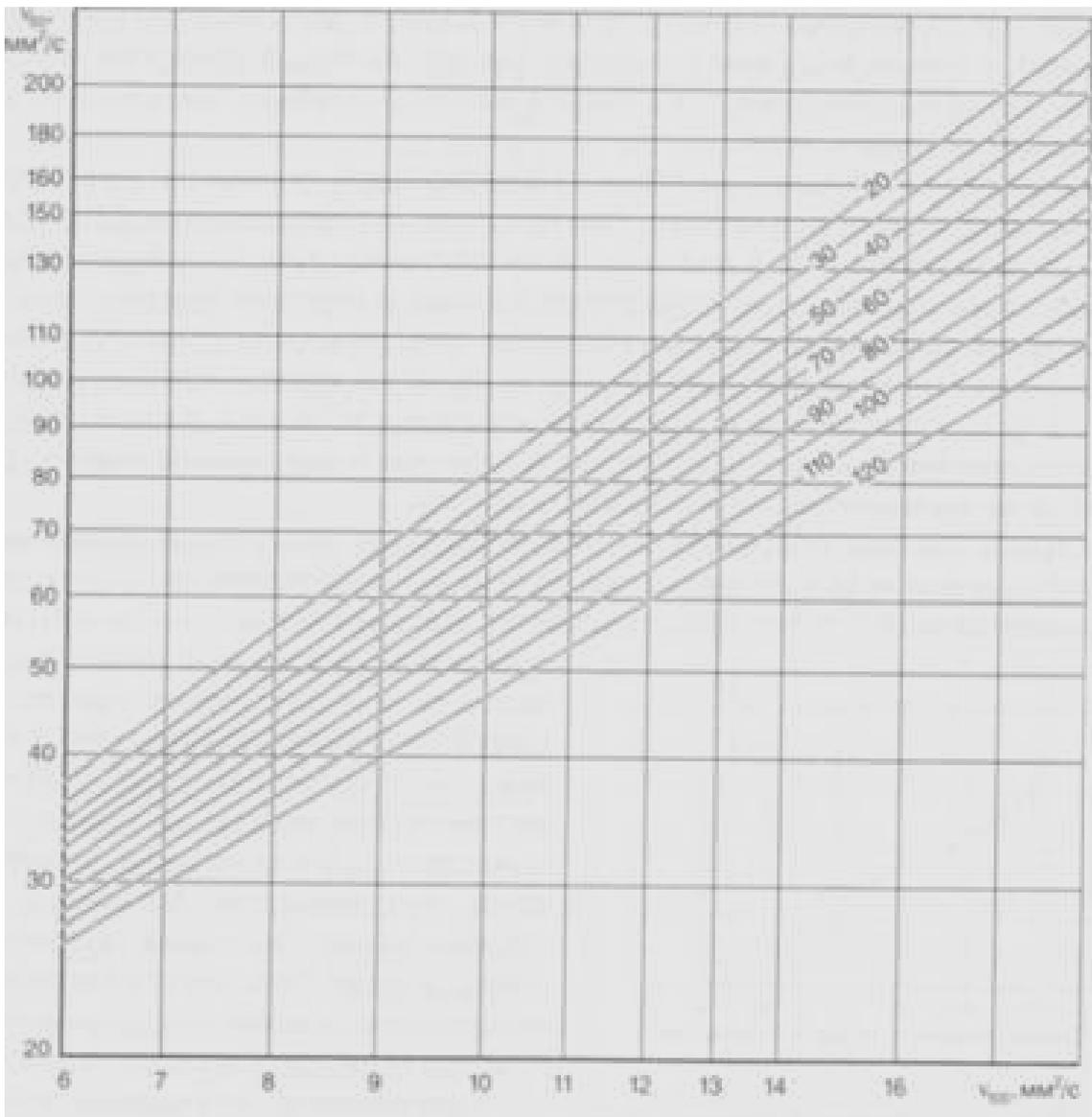
Индекс вязкости масел оценивают в условных единицах. Определяют его способом сравнения кривой вязкости испытуемого масла с аналогичными кривыми двух эталонных масел. Одно из них характеризуется очень пологой кривой, его индекс вязкости принят за 100 единиц, другое - крутой кривой, индекс вязкости принят за 0 единиц. Вязкость эталонных и испытуемого масел одинакова при температуре 100°C .

Моторные масла с более высоким индексом вязкости обладают лучшими технико-эксплуатационными свойствами. Для повышения индекса вязкости в моторные масла добавляют вязкостные присадки.

З а г у щ е н н ы м и называются масла, содержащие вязкостную присадку. Маловязкое минеральное масло характеризуется пологой кривой. В это масло добавляют вязкостные присадки (полиизобутилены и полиалкилметакрилаты). Получают загущенное моторное масло, вязкость которого при 100°C увеличена за счет добавления вязкостной присадки, а вязкость при 0°C примерно такая же, как и у маловязкого незагущенного минерального масла. Таким образом получают загущенное масло с пологой вязкостно-температурной кривой и высоким индексом вязкости.

Загущенные масла обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами и текучестью при низких температурах, способствуют легкому и быстрому пуску двигателя в холодное время года, образуют небольшое количество нагара и обеспечивают минимальные потери мощности на трение, что ведет к экономии топлива.

Для подсчета индекса вязкости определяют кинематическую вязкость испытуемого моторного масла при 40 и 100°C .



Обработка результатов. Индекс вязкости ИВ вычисляется по формулам

$$\text{ИВ} = \frac{\nu - \nu_1}{\nu - \nu_2} 100; \quad (10)$$

$$\text{ИВ} = \frac{\nu - \nu_1}{\nu_3} 100, \quad (11)$$

где ν - кинематическая вязкость масла при 40⁰С с индексом вязкости, равным 0, обладающего при 100⁰С такой же кинематической вязкостью, как испытуемое масло, мм²/с (сСт);

ν_1 - кинематическая вязкость испытуемого масла при 40⁰С, мм²/с (сСт);

ν_2 - кинематическая вязкость масла при 40⁰С и индексом вязкости, равным 100, обладающего при 100⁰С такой же кинематической вязкостью, как испытуемое масло, мм²/с (сСт),

$$\nu_3 = \nu - \nu_2$$

По этим формулам вычисляют ИВ, если кинематическая вязкость масла при 100⁰С находится в пределах 2...70 мм²/с (сСт).

Значения ν и ν_3 берут из таблицы 10. Если для найденного значения кинематической вязкости испытуемого моторного масла в этой таблице не указаны ν и ν_3 , но оно находится в диапазоне приведенных значений, то ν и ν_3 рассчитывают методом линейной интерполяции.

Индекс вязкости моторного масла округляют до целого числа. Точность расчета при 95%-ной доверительной вероятности должна соответствовать данным таблицы 3.

Если для измеренного значения кинематической вязкости испытуемого масла в таблице 3 не указана точность, но эти значения находятся в диапазоне приведенных значений, их рассчитывают методом линейной интерполяции.

Пример расчета. В результате проведенных испытаний было установлено, что вязкость испытуемого моторного масла при 40⁰С равна 61,58 мм²/с (сСт), а при 100⁰С - 8 мм²/с (сСт).

По таблице 10 приложения находят $\nu = 100$, $\nu_3 = 40,4$ мм²/с (сСт).

Полученные данные подставляют в уравнение 47.

$$\text{ИВ} = [(100 - 61,58) : 40,4] 100 = 95,1$$

Индекс вязкости округляют до целого числа: ИВ=95.

По таблице находим повторяемость и воспроизводимость для кинематической вязкости 8 мм²/с (сСт):

ИВ=0 повторяемость 1,9 воспроизводимость 3,7.

ИВ=100 повторяемость 1,1 воспроизводимость 2,2.

По этим данным интерполяцией для ИВ=95 получают повторяемость 1,14, воспроизводимость 2,28.

Таблица 10

К определению индекса вязкости

| Кинематическая вязкость при 100 ⁰ С, мм ² /с (сСт) | Точность | | | |
|--|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | ИВ=0 | | ИВ=100 | |
| | повторяемость | воспроизводимость | повторяемость | воспроизводимость |
| 4 | 2,4 | 4,8 | 1,7 | 3,4 |
| 6 | 2,1 | 4,2 | 1,3 | 2,6 |
| 8 | 1,9 | 3,7 | 1,1 | 2,2 |
| 15 | 1,5 | 3,0 | 0,7 | 1,4 |
| 30 | 1,2 | 2,5 | 0,4 | 0,9 |

Работа № 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЮЩИХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА С ПРИСАДКАМИ

Общие сведения. При работе двигателя внутреннего сгорания на поршнях образуются лаковые отложения, на других деталях — мажеобразные осадки серого или черного цвета. Введение в масло специальной (моющей) присадки резко снижает склонность масла к образованию лака и других отложений. Даже после длительной работы детали двигателя оказываются совершенно чистыми, как бы тщательно вымытыми. Отсюда и возникли названия: *моющие присадки*, моющие свойства масел. Моющие присадки известны также под названием *детергентных* и *диспергирующих*. Назначение этих присадок — предупреждать и уменьшать образование ла-І ковых отложений и осадков на деталях, вследствие чего устраняется пригорание поршневых колец.

Действие моющих присадок заключается в их способности разрыхлять, смывать отложения с поверхности- деталей, переводить продукты окисления масла в суспензию и удерживать мельчайшие частицы в масле без укрупнения и седиментации. Моющие присадки добавляют к маслам в больших количествах — от 3 до 15...20 %.

Применяются моющие присадки нескольких типов: сульфонаты, феноляты, фосфонаты металлов. Наиболее часто они представляют собой соли кальция и бария, реже соли магния. Сульфонаты металлов являются наиболее распространенными моющими присадками. Используют также беззольные полимерные присадки.

Для оценки моющих свойств моторных масел пользуются установкой ПЗВ (Папок, Зарубина, Виппер), которая представляет собой малогабаритную одноцилиндровую установку, оборудованную электроподогревателями. Они поддерживают заданную температуру масла в картере и на поверхностях поршня. После испытания прибор разбирают и по количеству лака на боковой поверхности поршня оценивают моющие свойства масла. Оценку проводят по семибалльной цветной шкале. Если поршень чист, масло получает балл 0, если значительно загрязнен лаком — балл 6.

Проведение испытаний. Установка ПЗВ состоит из одноцилиндрового четырехтактного двигателя, электродвигателя и пульта управления. Картер двигателя алюминиевый, цилиндр - чугунный Ал21, поршень снабжен двумя съемными кольцами. Двигатель смазывают. Необходимый температурный режим устанавливается электрическими элементами подогревателя.

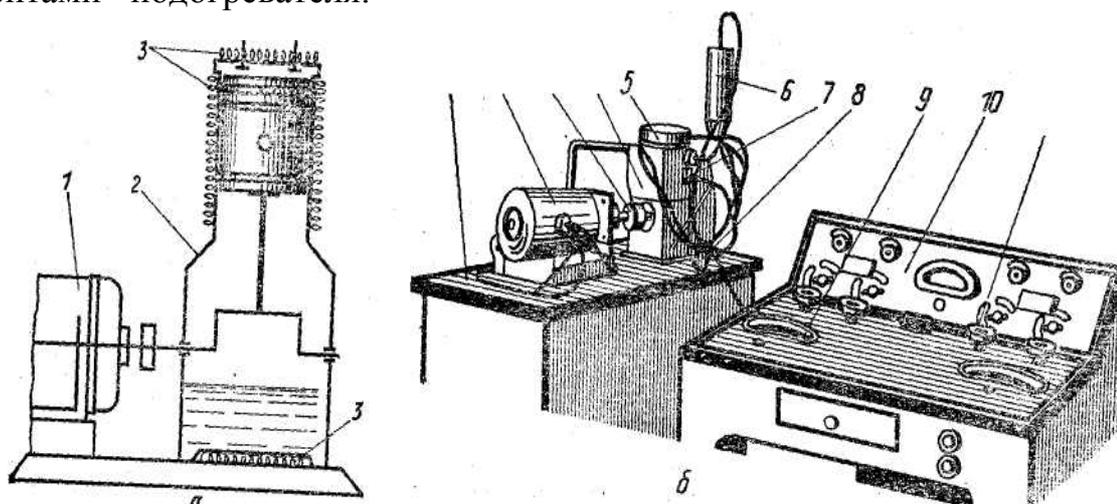


Рис. 12. Установка ПЗВ

Нагреватель установлен в специальном корпусе впускной системы и служит для подогревания воздуха, поступающего в цилиндр двигателя. Нагреватель 5 головки цилиндра размещается в металлическом корпусе на головке цилиндра. Нагреватель 7 укреплен в корпусе, установленном на середине цилиндра. Нагреватель масла 8 устанавливают под картером двигателя.

Температурный режим работы двигателя контролируют при помощи хромель-копелевых или хромель-алюме-левых термопар, размещенных во впускном патрубке, на головке и на середине цилиндра, а также в картере.

Электродвигатель 2 постоянного или переменного тока мощностью не менее 1 кВт служит для вращения коленчатого вала двигателя во время испытаний. Коленчатый вал соединяется с двигателем при помощи клиноременной передачи или эластичной муфты.

На пульте управления 10 располагается следующая аппаратура: два гальванометра 9 для контроля температурного режима работы двигателя; четыре реостата 11 для регулировки работы электронагревательных элементов; вольтметр переменного тока, по которому с помощью многоточечного переключателя можно следить за напряжением тока в каждом нагревательном элементе; переключатели термопар; выключатели электронагревательных элементов; сигнальные лампочки; кнопки пуска и остановки двигателя.

Одноцилиндровый двигатель вместе с электродвигателем установлен на станине 1. Отработавшие газы по трубе выводятся наружу. Над двигателем монтируют вытяжной зонт.

Режим работы установки ПЗВ следующий: частота вращения коленчатого вала двигателя (2500 ± 50) мин⁻¹ (об/мин); температура головки цилиндра (300 ± 2) °С, масла в картере (125 ± 1) и воздуха на впуске (220 ± 20) °С; количество испытуемого масла 250 мл; продолжительность испытания 2 ч.

Перед испытаниями подгоняют поршень и поршневые кольца. Картер и цилиндр двигателя промывают бензином, а затем бензолом. После просушки двигатель собирают, устанавливают на станине и соединяют с приводом при помощи муфты. Подсоединяют впускные и выпускные системы. К электрической сети подключают соответствующие концы.

Снимают цилиндр и поршень двигателя, сливают картерное масло.

Промывают бензином поршень, просушивают и протирают его боковую поверхность двумя-тремя каплями масла. Затем оценивают лакообразование по цветной эталонной шкале, то есть дают заключение о моющих свойствах испытанного моторного масла.

Описание цветной шкалы приведено в таблице 14. Расхождения между параллельными испытаниями не должны превышать 0,5 балла по цветной шкале. За действительное принимают большее значение двух параллельных определений. Например, если при испытании на одной и той же установке одного и того же масла были получены значения лакообразования 2 и 2,5 балла, то за результат испытания принимают значение 2,5 балла.

Таблица 12

Цветная шкала для оценки лакообразования

| Характер лакообразования на боковой поверхности поршня | Оценка в баллах |
|--|-----------------|
| Совершенно чистый поршень (без лака) | 0 |
| Верхняя часть боковой поверхности поршня (зона поршневых колец) покрыта слоем лака светло-желтого цвета, поверхность юбки поршня чистая | 1 |
| Верхняя часть боковой поверхности поршня покрыта слоем лака светло-коричневого цвета, поверхность юбки поршня — лаком светло-желтого цвета | 2 |
| Верхняя часть боковой поверхности поршня покрыта лаком коричневого цвета; поверхность юбки поршня сверху покрыта лаком коричневого цвета, внизу — лаком светло-коричневого цвета | 3 |
| Верхняя часть боковой поверхности поршня покрыта лаком темно-коричневого цвета; поверхность юбки поршня сверху покрыта лаком темно-коричневого цвета, внизу — коричневого цвета | 4 |
| Верхняя часть боковой поверхности поршня покрыта лаком черного цвета; поверхность юбки поршня сверху покрыта лаком черного цвета, внизу — темно-коричневого цвета | 5 |
| Вся боковая поверхность поршня покрыта лаком черного цвета | 6 |

РАБОТА № 12. АНАЛИЗ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА

Общие положения. Срок службы масел в автотракторных двигателях устанавливается в соответствии с инструкциями заводов и правилами технической эксплуатации. После указанных в этих документах сроков масла сливают из картеров двигателей и заменяют свежими.

За период работы двигателя в результате обогащения продуктами термического разложения, окисления, полимеризации, разжижения топливом (в карбюраторном двигателе), загрязнения продуктами износа и механическими примесями извне, а также обводнения первоначальные свойства масел сильно меняются.

Отработанное масло — это масло, проработавшее в двигателе свой эксплуатационный срок и утратившее свои первоначальные качества.

Эти масла могут быть частично восстановлены (регенерированы) удалением из них нежелательных примесей. Полное же восстановление первоначальных свойств моторных масел невозможно, так как эти масла содержат присадки, которые срабатываются в процессе эксплуатации масел в двигателях.

Однако сбор и регенерация дорогостоящих масел — дело экономически выгодное и, кроме того, способствуют уменьшению загрязнения окружающей среды. Поэтому все потребители автотракторных масел обязаны собирать отработанные масла.

Собранные отработанные масла подвергаются проверке их качеств.

Испытание отработанных масел заключается в определении плотности, содержания воды, механических примесей и загрязнений, условной вязкости и температуры вспышки.

Если пробы отработанных масел или их смесей содержат более 0,5 % воды, то перед определением условной вязкости и температуры вспышки их обезвоживают с помощью сернокислой меди или медного купороса и для испытания берут только верхний слой обезвоженного масла.

Определение содержания воды. Содержание воды в отработанных маслах определяют по методу, основанному на тепловом эффекте реакции гидратации сернокислой меди с водой, которая содержится в отработанном масле.

Проведение испытаний. Для работы необходимы следующие приборы и материалы: влагомер; стеклянная воронка № 3; чашка для реактива; песочные часы ЧПН-1 или секундомер; обезвоженные сернокислая медь и керосин или дизельное топливо.

Пробу отработанного масла тщательно перемешивают, наливают до метки в стакан влагомера (рис. 13).

После помещения стакана с пробой в корпус влагомера масло в стакане перемешивают с помощью ручной мешалки 2...3 раза в секунду и через каждую минуту отмечают температуру пробы. Если температура в течение 2...3 мин не меняется, то ее принимают за начальную температуру испытания.

В случае повышения температуры во влагомере пробу масла вынимают из влагомера, выдерживают при температуре окружающей среды еще 5...10 мин и повторно определяют начальную температуру.

В обводненном масле массовую долю воды снижают с 6...7 % до 0,5 % обезвоженной сернокислой медью из расчета $(10,7 \pm 0,3)$ г на 100 см^3 масла. Для этого мерным цилиндром вместимостью 250 см^3 наливают 100 см^3 испытуемого масла в стакан вместимостью 500 см^3 , в чашке взвешивают $(10,7 \pm 0,3)$ г обезвоженной сернокислой меди и высыпают ее в стакан с пробой. Затем содержимое стакана перемешивают в течение 2...3 мин и после отстаивания сливают верхний слой обезвоженного масла для испытания. После определения начальной температуры

испытания берут в чашку порцию обезвоженного реактива, засыпают его через воронку в стакан с пробой масла, затем воронку снимают, отверстие в крышке закрывают пробкой

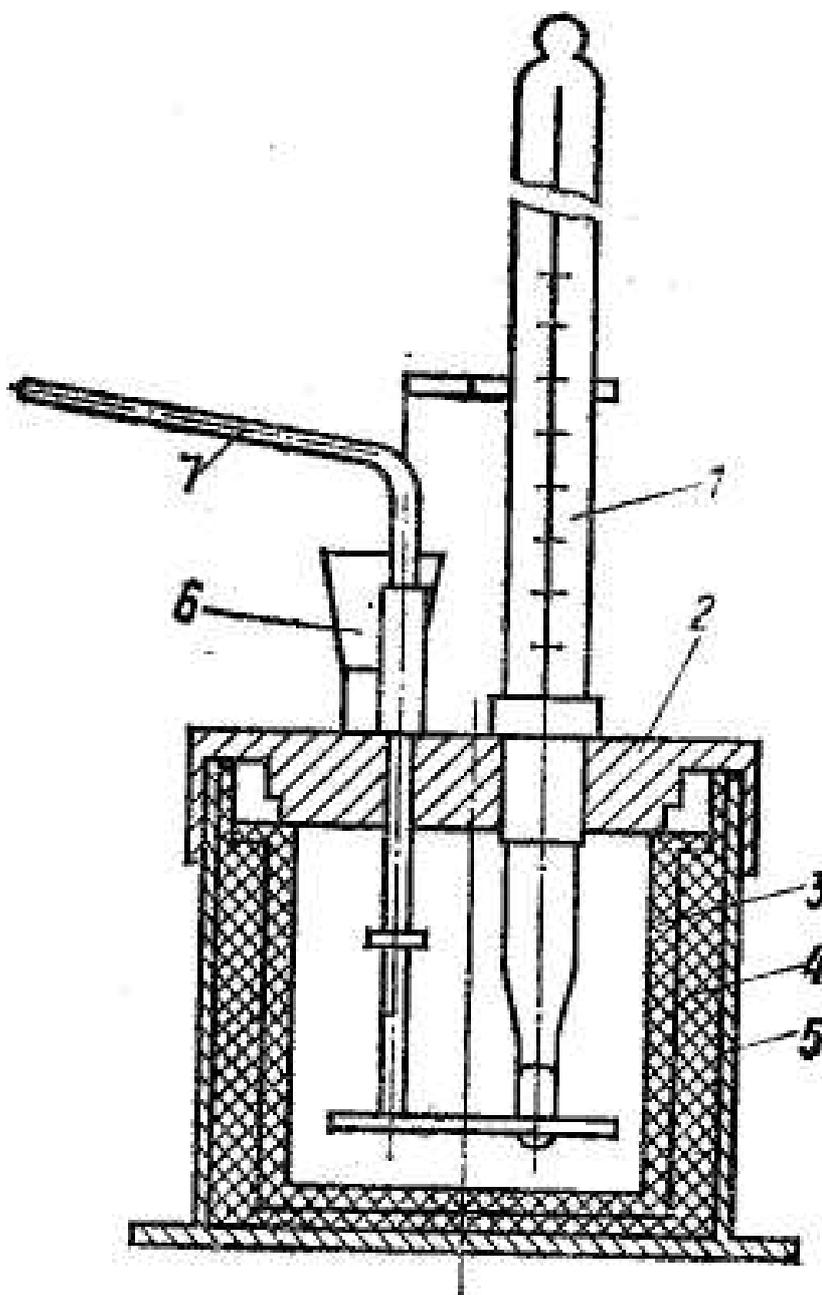


Рис. 13. Влагомер: 1 — термометр; 2 — крышка; 3 — стакан влагомера; 4 — термоизоляционный стакан; 5 — корпус; 6 — пробка; 7 — ручная мешалка.

Пробу масла перемешивают мешалкой и через каждую минуту отмечают показание термометра влагомера. Когда температура остается в течение 2 мин постоянной, испытания заканчивают. За конечную температуру принимают наивысшую температуру, отмеченную во время испытания.

Вынимают из влагомера стакан с пробой и сливают из него верхний слой масла, который используют затем для определения условной вязкости и температуры вспышки.

Затем по полученной разности температур определяют массовую долю воды в пробе, используя таблицу 13.

Таблица 13

| $\Delta t, ^\circ C$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, ^\circ C$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, ^\circ C$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, ^\circ C$ | Массовая доля воды, % |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Масла с присадками | | | | | | | |
| Менее ,60 | Отсутствие | 3,80 | 1,50 | 7,10 | 3,05 | 10,40 | 4,65 |
| 0,65 | 0,03 | 3,90 | 1,55 | 7,20 | 3,10 | 10,50 | 4,70 |
| 0,70 | 0,05 | 4,00 | 1,60 | 7,30 | 3,15 | 10,60 | 4,75 |
| 0,80 | 0,10 | 4,10 | 1,65 | 7,40 | 3,20 | 10,70 | 4,80 |
| 0,90 | 0,15 | 4,20 | 1,70 | 7,50 | 3,25 | 10,80 | 4,85 |
| 1,00 | 0,20 | 4,30 | 1,75 | 7,60 | 3,30 | 10,90 | 4,90 |
| 1,10 | 0,25 | 4,40 | 1,80 | 7,70 | 3,35 | 11,00 | 5,00 |
| 1,20 | 0,30 | 4,50 | 1,85 | 7,80 | 3,40 | 11,10 | 5,05 |
| 1,30 | 0,35 | 4,60 | 1,87 | 7,90 | 3,45 | 11,20 | 5,10 |
| 1,40 | 0,40 | 4,70 | 1,90 | 8,00 | 3,50 | 11,30 | 5,15 |
| 1,50 | 0,45 | 4,80 | 1,95 | 8,10 | 3,55 | 11,40 | 5,20 |
| 1,60 | 0,50 | 4,90 | 2,00 | 8,20 | 3,60 | 11,50 | 5,30 |
| 1,70 | 0,55 | 5,00 | 2,05 | 8,30 | 3,62 | 11,60 | 5,35 |
| 1,80 | 0,60 | 5,10 | 2,10 | 8,40 | 3,65 | 11,70 | 5,40 |
| 1,90 | 0,65 | 5,20 | 2,15 | 8,50 | 3,70 | 11,80 | 5,50 |
| 2,00 | 0,70 | 5,30 | 2,20 | 8,60 | 3,75 | 11,90 | 5,60 |
| 2,10 | 0,75 | 5,40 | 2,25 | 8,70 | 3,80 | 12,00 | 5,65 |
| 2,20 | 0,80 | 5,50 | 2,30 | 8,80 | 3,85 | 12,10 | 5,72 |
| 2,30 | 0,85 | 5,60 | 2,35 | 8,90 | 3,90 | 12,20 | 5,80 |
| 2,40 | 0,90 | 5,70 | 2,40 | 9,00 | 3,95 | 12,30 | 5,85 |
| 2,50 | 0,95 | 5,80 | 2,45 | 9,10 | 4,00 | 12,40 | 5,95 |
| 2,60 | 0,97 | 5,90 | 2,50 | 9,20 | 4,05 | 12,50 | 6,00 |
| 2,70 | 1,00 | 6,00 | 2,55 | 9,30 | 4,10 | 12,60 | 6,05 |
| 2,80 | 1,05 | 6,10 | 2,60 | 9,40 | 4,12 | 12,70 | 6,15 |
| 2,90 | 1,10 | 6,20 | 2,65 | 9,50 | 4,15 | 12,80 | 6,20 |
| 3,00 | 1,15 | 6,30 | 2,70 | 9,60 | 4,20 | 12,90 | 6,30 |
| 3,10 | 1,20 | 6,40 | 2,75 | 9,70 | 4,25 | 13,00 | 6,35 |
| 3,20 | 1,22 | 6,50 | 2,80 | 9,80 | 4,30 | 13,10 | 6,45 |
| 3,30 | 1,25 | 6,60 | 2,85 | 9,90 | 4,35 | 13,20 | 6,55 |
| 3,40 | 1,30 | 6,70 | 2,87 | 10,00 | 4,40 | 13,30 | 6,65 |
| 3,50 | 1,35 | 6,80 | 2,90 | 10,10 | 4,45 | 13,40 | 6,75 |
| 3,60 | 1,40 | 6,90 | 2,95 | 10,20 | 4,50 | 13,50 | 6,80 |
| 3,70 | 1,45 | 7,00 | 3,00 | 10,30 | 4,60 | 13,60 | 6,90 |
| Масла без присадок | | | | | | | |
| 0,1 | Отсутствие | 1,0 | | 1,9 | 0,68 | 2,8 | 0,95 |
| 0,2 | 0,05 | 1,1 | 0,40 | 2,0 | 0,70 | 2,9 | ,00 |
| 0,3 | 0,10 | 1,2 | 0,42 | 2,1 | 0,72 | 3,0 | ,05 |

Продолжение таблицы 13

| $\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Массовая доля воды, % | $\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Массовая доля воды, % |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| 0,4 | 0,15 | 1,3 | 0,45 | 2,2 | 0,75 | 3,1 | ,10 |
| 0,5 | 0,17 | 1,4 | 0,50 | 2,3 | 0,80 | 3,2 | ,12 |
| 0,6 | 0,20 | 1,5 | 0,52 | 2,4 | 0,82 | 3,3 | ,15 |
| 0,7 | 0,25 | 1,6 | 0,55 | 2,5 | 0,85 | 3,4 | ,18 |
| 0,8 | 0,27 | 1,7 | 0,60 | 2,6 | 0,90 | 3,5 | ,20 |
| 0,9 | 0,30 | 1,8 | 0,65 | 2,7 | 0,92 | 3,6 | 1,25 |
| 3,7 | 1,30 | 7,1 | 2,50 | 10,5 | 3,67 | 13,9 | 4,85 |
| 3,8 | 1,33 | 7,2 | 2,52 | 10,6 | 3,70 | 14,0 | 4,90 |
| 3,9 | 1,37 | 7,3 | 2,55 | 10,7 | 3,75 | 14,1 | 4,92 |
| 4,0 | 1,40 | 7,4 | 2,60 | 10,8 | 3,80 | 14,2 | 4,95 |
| 4,1 | 1,43 | 7,5 | 2,65 | 10,9 | 3,82 | 14,3 | 5,00 |
| 4,2 | 1,47 | 7,6 | 2,67 | 11,0 | 3,85 | 14,4 | 5,05 |
| 4,3 | 1,50 | 7,7 | 2,70 | 11,1 | 3,88 | 14,5 | 5,07 |
| 4,4 | 1,55 | 7,8 | 2,75 | 11,2 | 3,92 | 14,6 | 5,10 |
| 4,5 | 1,60 | 7,9 | 2,77 | 11,3 | 3,95 | 14,7 | 5,13 |
| 4,6 | 1,62 | 8,0 | 2,80 | 11,4 | 4,00 | 14,8 | 5,16 |
| 4,7 | 1,65 | 8,1 | 2,85 | 11,5 | 4,03 | 14,9 | 5,20 |
| 4,8 | 1,68 | 8,2 | 2,87 | 11,6 | 4,07 | 15,0 | 5,23 |
| 4,9 | 1,70 | 8,3 | 2,90 | 11,7 | 4,10 | 15,1 | 5,27 |
| 5,0 | 1,75 | 8,4 | 2,92 | 11,8 | 4,13 | 15,2 | 5,30 |
| 5,1 | 1,80 | 8,5 | 2,95 | 11,9 | 4,17 | 15,3 | 5,32 |
| 5,2 | 1,85 | 8,6 | 3,00 | 12,0 | 4,20 | 15,4 | 6., 35 |
| 5,3 | 1,87 | 8,7 | 3,05 | 12,1 | 4,23 | 15,5 | 5,40 |
| 5,4 | 1,90 | 8,8 | 3,10 | 12,2 | 4,27 | 15,6 | 5,45 |
| 5,5 | 1,92 | 8,9 | 3,12 | 12,3 | 4,30 | 15,7 | 5,48 |
| 5,6 | 1,95 | 9,0 | 3,15 | 12,4 | 4,33 | 15,8 | 5,52 |
| 5,7 | 2,00 | 9,1 | 3,20 | 12,5 | 4,37 | 15,9 | 5,55 |
| 5,8 | 2,02 | 9,2 | 3,22 | 12,6 | 4,40 | 16,0 | 5,58 |
| 5,9 | 2,05 | 9,3 | 3,25 | 12,7 | 4,43 | 16,1 | 5,62 |
| 6,0 | 2,10 | 9,4 | 3,30 | 12,8 | 4,47 | 16,2 | 5,65 |
| 6,1 | 2,15 | 9,5 | 3,32 | 12,9 | 4,50 | 16,3 | 5,70 |
| 6,2 | 2,17 | 9,6 | 3,35 | 13,0 | 4,55 | 16,4 | 5,72 |
| 6,3 | 2,20 | 9,7 | 3,40 | 13,1 | 4,58 | 16,5 | 5,76 |
| 0,4 | 2,25 | 9,8 | 3,43 | 13,2 | 4,62 | 16,6 | 5,80 |
| 6,5 | 2,27 | 9,9 | 3,47 | 13,3 | 4,65 | 16,7 | 5,82 |
| 6,6 | 2,30 | 10,0 | 3,50 | 13,4 | 4,68 | 16,8 | 5,87 |
| 6,7 | 2,35 | 10,1 | 3,53 | 13,5 | 4,72 | 16,9 | 5,92 |
| 6,8 | 2,37 | 10,2 | 3,57 | 13,6 | 4,75 | 17,0 | 5,97 |
| 6,9 | 2,40 | 10,3 | 3,60 | 13,7 | 4,80 | 17,1 | 6,00 |
| 7,0 | 2,45 | 10,4 | 3,65 | 13,8 | 4,82 | | |
| | | | | | | | |

В случае, когда вычисленное значение превышает предельные значения, приведенные в таблице, испытания проводят с разбавленной пробой масла 50 см^3 , смешивают с 50 см^3 (обезвоженного керосина или дизельного топлива), а найденную при этом по таблицам массовую долю воды увеличивают в 2 раза.

Определение механических примесей и загрязнений. Определение в отработанных массах механических примесей и загрязнений, нерастворимых в бензине, с размерами $100 \times 100 \text{ мкм}$, образующихся при эксплуатации двигателей или попадающих в масла в процессе их сбора, хранения или транспортирования, проводят в соответствии с ГОСТом на отработанные нефтепродукты.

Для работы требуются: конические колбы с широким горлом вместимостью 500 см^3 ; цилиндры вместимостью 250 см^3 ; стеклянные воронки № 4; сито из сетки 01 и неэтилированный бензин.

Из пробы отработанного масла, тщательно перемешанной в течение 5 мин в емкости, заполненной на % объема, отмеривают 100 см^3 и выливают в коническую колбу, затем добавляют туда же $100 \dots 300 \text{ см}^3$ бензина. Содержимое колбы перемешивают встряхиванием.

В воронку помещают сито из сетки 01, сложенное вчетверо (как складывают беззольные фильтры), и вставляют в другую коническую колбу.

Смесь отработанного масла с бензином постепенно выливают в воронку и фильтруют через сито. После фильтрования сито промывают бензином, высушивают на воздухе в течение 5 мин и приступают к осмотру осадка.

При отсутствии видимого осадка на сите или, если он есть, но при перемешивании стеклянной палочкой проваливается через отверстия сита, считают, что массовая доля механических примесей в пробе отработанного масла соответствует требованиям стандарта, а загрязнения отсутствуют.

Если на сите остаются загрязнения размерами больше, чем его отверстия, то массовую долю механических примесей и загрязнений определяют способом фильтрования раствора масла в бензине через беззольные бумажные фильтры.

Определение условной вязкости. В соответствии с ГОСТом отработанные масла разбиваются на группы в зависимости от вязкости. Чтобы установить группу, к которой относится отработанное масло, определяют его условную вязкость. Этот показатель для отработанных масел или их смесей находят, измеряя время истечения определенного объема масла через калиброванное отверстие вискозиметра.

Для работы требуются: вискозиметр ВЗ-4; термометр, ТН-3 с градуированной шкалой $0 \dots 60^\circ\text{C}$; секундомер;¹ стеклянные стаканы вместимостью 200 см^3 и неэтилированный бензин.

В стакан наливают примерно 150см^3 обезвоженного отработанного масла (после определения содержания воды) и измеряют его температуру с погрешностью не более 1°C .

Промытый бензином вискозиметр устанавливают горизонтально, подставляют под сопло прибора стеклянный стакан и, закрыв нижнее отверстие сопла пальцем, наливают масло в резервуар вискозиметра до уровня верхнего края.

Затем быстро убирают палец и при появлении масла из сопла включают секундомер.

В момент первого появления из сопла прерывающейся струи масла секундомер выключают.

Время истечения замеряют дважды.

Условную вязкость B_t (с) испытуемого масла находят из выражения

$$B_t = t_{\text{cp}}/C,$$

где t_{cp} — среднее арифметическое время истечения масла через сопло вискозиметра при температуре испытания, $^\circ\text{C}$;

C — поправочный коэффициент (берут из паспорта вискозиметра).

Затем по графику (рис. 14) находят точку пересечения полученной условной вязкости B_t и замеренной в начале испытания температуры масла t . По этой точке устанавливают группу масла (СНО, МПО или ММО), к которой относится испытуемое масло.

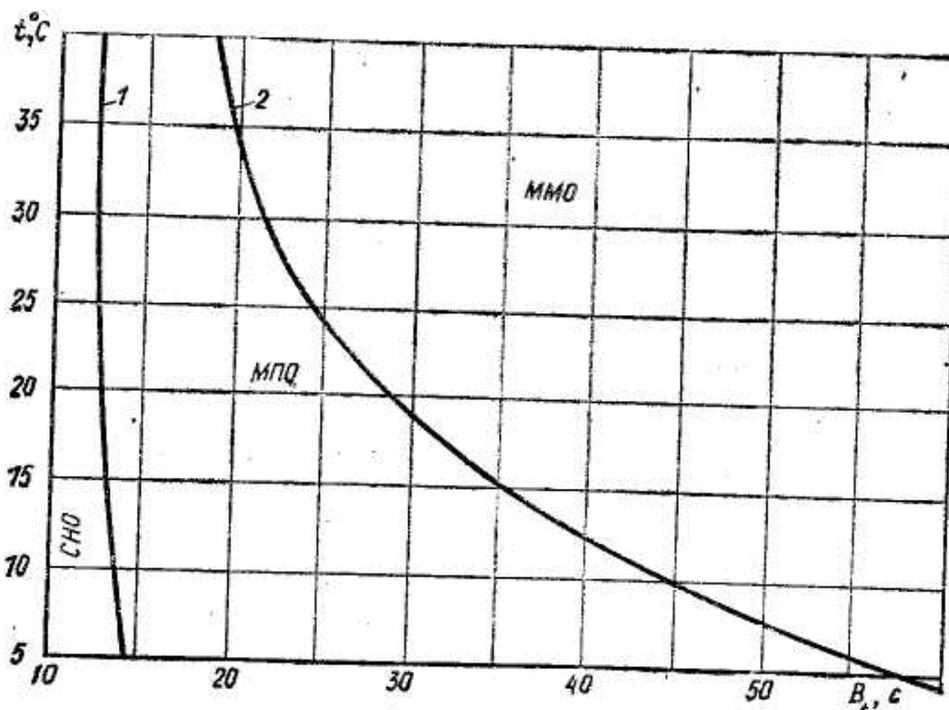


Рис. 14. График для определения группы отработанного масла:

1 - для масла с вязкостью $5 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт) при 50°C ;

2- для масла с вязкостью $25 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт) при 50°C .

Определение температуры вспышки. Температуру вспышки отработанного масла определяют в приборе открытого типа, для чего обезвоженное масло, слитое после определения содержания воды, наливают в чистый металлический тигель.

Примерно за 10°C до ожидаемой температуры вспышки подносят пламя зажигалки к поверхности масла в тигле.

Если вспышка при первом поднесении пламени к тиглю произошла, то прекращают испытание и записывают результат по форме «ниже... $^{\circ}\text{C}$ ». Если при первом поднесении пламени вспышка не произошла, повторяют проверку через каждые 2°C . Если вспышка произошла при температуре в интервале $\pm 10^{\circ}\text{C}$ от нормируемой температуры вспышки, то за результат испытания принимают показание термометра в момент вспышки.

Если вспышки паров нагреваемого масла не было при температуре, превышающей нормируемую на 10°C , то испытание прекращают. В этом случае результат испытания записывают по форме «выше,.. $^{\circ}\text{C}$ ».

Работа № 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ И ЕЕ УМЯГЧЕНИЕ

Общие сведения. Вода, используемая для систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания, питания котлов теплосиловых установок и других целей, не должна вызывать коррозии металлов и образовывать отложения (накипь) на внутренних стенках котлов, полостях рубашек систем охлаждения и радиаторов двигателей внутреннего сгорания.

Образовавшаяся в системе охлаждения накипь препятствует нормальному отводу тепла от деталей двигателя, поэтому нарушается нормальный температурный режим его работы и, как следствие, ухудшаются мощностно-экономические показатели двигателя, повышается износ деталей.

Отложение накипи на деталях двигателя внутреннего сгорания и паровых установок зависит от содержания в воде растворенных солей, особенно кальция и магния, обуславливающих ее жесткость.

Общую жесткость воды составляют временная (карбонатная), создаваемая бикарбонатами кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, и постоянная (некарбонатная), создаваемая хлоридами, сульфатами и нитратами этих же металлов CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Жесткость воды измеряется миллиграмм-эквивалентами солей жесткости в литре (мг-экв/л). Один миллиграмм-эквивалент солей жесткости в литре воды соответствует содержанию $20,04$ мг ионов Ca^{2+} или $12,16$ мг ионов Mg^{2+} .

Поэтому общая жесткость воды равна

$$Ж_0 = Ca^{2+}/20,04 + Mg^{2+}/12,16.$$

У м я г ч е н и е ж е с т к о й в о д ы. При использовании воды для технических целей (в том числе и для двигателей внутреннего сгорания) ее умягчают различными способами: простым кипячением, переводом солей жесткости в осадок с помощью химических реактивов (содой, известью, тринатрийфосфатом и др.); фильтрацией воды через пермутитовые и глауконитовые фильтры, магнитной обработкой воды и т.д.

Наибольшее распространение получил способ умягчения воды фильтрацией через глауконитовый и пермутитовый фильтры.

Сущность этого умягчения состоит в пропускании жесткой воды через слой естественного или искусственного минерала (катионита).

Катиониты - нерастворимые зернистые материалы, имеющие примерный состав $Al_2 O_3 (SiO_2)_x (Na_2O) \cdot nH_2O$, способные обменивать свои катионы на катионы водного раствора.

Умягчение жесткой воды кипячением. Воду наливают в химический стакан в количестве 200 см^3 и кипятят 30 мин на электрической плитке.

В процессе кипячения происходит разложение карбонатов и бикарбонатов кальция и магния с выпадением части их в осадок и переходом в газообразное состояние.

После кипячения стакан с анализируемой водой охлаждают, образовавшийся осадок отфильтровывают через бумажный фильтр “Синяя лента”.

Затем фильтрат подвергают анализу и определяют его временную $Ж^Ф_В$ и общую $Ж^Ф_0$ жесткость.

Изменение жесткости воды $\Delta Ж^Ф_В$ и $\Delta Ж^Ф_0$ в результате кипячения вычисляют по формулам

$$\Delta Ж^Ф_В = Ж_В - Ж^Ф_В$$

$$\Delta Ж^Ф_0 = Ж_0 - Ж^Ф_0$$

где $Ж_В$ и $Ж_0$ - временная и общая жесткость воды до кипячения;
 $Ж^Ф_В$ и $Ж^Ф_0$ - временная и общая жесткость воды после кипячения.

Вода, используемая для систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания, питания котлов теплосиловых установок и других целей, не должна вызывать коррозии металлов и образовывать отложения (накипь) на внутренних стенку котлов, полостях рубашек систем охлаждения и радиаторов двигателей внутреннего сгорания.

Образовавшаяся в системе охлаждения накипь препятствует нормальному отводу тепла от деталей двигателя, поэтому нарушается нормальный температурный режим его работы и, как следствие,

ухудшаются мощно-стно-зкономические показатели двигателя, повышается износ деталей.

Отложение накипи на деталях двигателя внутреннего сгорания и паровых установок зависит от содержания в воде растворенных солей, особенно кальция и магния, обуславливающих ее жесткость.

Проведение испытаний. Для работы необходимы следующие приборы и материалы: набор стеклянной лабораторной посуды; бюретка с глауконитом; электроплитка; 0,1 н раствор соляной кислоты; щелочная смесь, при-готовленная смешиванием равных объемов 0,1 н раствора карбоната натрия Na_2CO_3 и 0,1 н раствора едкого натра NaOH ; водные растворы карбоната натрия Na_2CO_3 и тринатрийфосфата Na_3PO_4 концентрации примерно 5 мг/см^3 ; 0,1 %-ный раствор индикатора метилового оранжевого; фильтровальная бумага или фильтры -«Синяя лента».

Определение временной (карбонатной) жесткости воды. Сущность определения временной жесткости воды состоит в переводе бикарбонатов кальция и магния, содержащихся в анализируемой воде в хлористые соединения титрованием 0,1 н раствором соляной кислоты.

При воздействии соляной кислоты бикарбонаты переходят в хлориды этих же металлов.

Для определения временной жесткости Жв в коническую колбу наливают 100 см^3 анализируемой воды, добавляют две-три капли индикатора метилоранжа, титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до появления слабо-розового окрашивания и кипятят в течение 3 мин.

В результате кипячения окраска раствора может измениться на желтую. В этом случае в колбу снова добавляют раствор соляной кислоты до слабо-розовой окраски и кипятят еще 2 мин.

Временную жесткость Жв (мг-экв/л) воды вычисляют по формуле

$$Ж_{в} = \frac{VN}{V_1} 1000,$$

где V —объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование анализируемой воды, см^3 ;

N — нормальность раствора соляной кислоты;

V_1 — объем воды, отобранной на анализ, см^3 .

Определение общей жесткости воды. На практике существует несколько способов определения общей жесткости воды. Один из наиболее простых — это щелочной метод, суть которого заключается в переводе солей жесткости, содержащихся в воде, в малорастворимые карбонат кальция и гидроксид магния с помощью щелочного раствора.

Для приготовления щелочного титрованного раствора перемешивают равные объемы 0,1 н растворов карбоната натрия Na_2CO_3 и едкого натра NaOH .

Под действием щелочного раствора соли некарбонатной жесткости анализируемой воды, предварительно оттитрованной раствором соляной кислоты, превращаются в малорастворимые соединения и выпадают в осадок.

При определении общей жесткости наливают в коническую колбу 100 см³ анализируемой воды и титруют ее (раствором 0,1 н соляной кислоты в присутствии двух-трех капель индикатора метилового оранжевого до появления слабо-розовой окраски. Затем раствор кипятят в течение 3 мин с целью удаления из пробы воды углекислого газа СО₂. В случае появления при кипячении желтой окраски воду дополнительно титруют тем же раствором соляной кислоты до слабо-розовой окраски. После этого в кипящую воду с помощью бюретки приливают 20 см³ щелочной смеси и раствор продолжают кипятить еще в течение 3...5 мин для полного осаждения солей кальция и магния.

После кипячения воду охлаждают и переливают в мерную колбу вместимостью 200 см³. Оставшийся на стенках колбы осадок смывают дистиллированной водой из промывальной склянки в мерную колбу.

Объем воды в мерной колбе доводят дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивают содержимое и затем осадок отфильтровывают. С помощью пипетки или мерного цилиндра отмеривают 100 см³ фильтрата, выливают его в чистую и сухую коническую колбу, приливают три-четыре капли индикатора метилоранжа и титруют раствором 0,1 н соляной кислоты до слабо-розового окрашивания. При титровании нейтрализуется избыток щелочной смеси, добавленной к пробе воды и не вступившей в реакцию.

Общую жесткость Ж_о анализируемой воды вычисляют по формуле

$$Ж_{о}^* = V_1 - 2V_2,$$

где V_1 — количество раствора 0,1 н соляной кислоты, израсходованной на нейтрализацию избыточной щелочной смеси, см³; V_2 — количество раствора щелочной смеси, взятой для осаждения солей жесткости, см³; 2 — коэффициент, учитывающий то обстоятельство, что из общего объема раствора воды с щелочной смесью на титрование взята только половина.

Воду, содержащую до 1,5 мг-экв/л солей жесткости, считают очень мягкой, до 3 мг-экв/л — мягкой, от 3 до 6 мг-экв/л — умеренно жесткой, от 6 до 9 мг-экв/л — жесткой и более 9,0 мг-экв/л — очень жесткой.

Вода с жесткостью 3...7 мг-экв/л вызывает образование накипи в системе охлаждения двигателей внутреннего сгорания, что требует систематической очистки радиатора и рубашки системы охлаждения двигателя. Воду с жесткостью 7... 10 мг-экв/л применять в качестве охлаждающей жидкости в двигателях не рекомендуется, а с жесткостью более 10 мг-экв/л — применять недопустимо.

Жесткая вода перед применением в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания подлежит умягчению.

Различные единицы жесткости воды приведены в таблице 20.

Умягчение жесткой воды. При использовании воды для технических целей (в том числе и для двигателей внутреннего сгорания) ее умягчают различными способами: простым кипячением, переводом солей жесткости в осадок с помощью химических реактивов (содой, известью, тринатрийфосфатом и др.); фильтрацией воды через пермутитовые и глауконитовые фильтры, магнитной обработкой воды и т. д.

Наибольшее распространение получил способ умягчения воды фильтрацией через глауконитовый и пермутитовый фильтры.

Сущность этого умягчения состоит в пропускании жесткой воды через слой естественного или искусственного минерала (катионита).

Катиониты — нерастворимые зернистые материалы, имеющие примерный состав $Al_2O_3(5Ю2)У(№20) -пНгО$, способные обменивать свои катионы на катионы водного раствора.

Для ускорения реакций стаканы ставят на электроплитку, нагревают и кипятят раствор с содовым умягчителем в течение 5...8 мин, с тринатрийфосфатом — 10... 15 мин.

После кипячения стаканы охлаждают, а содержимое их фильтруют через бумажные фильтры «Синяя лента». В связи с тем что сода и тринатрийфосфат полностью удаляют соли временной жесткости, после умягчения определяют только общую жесткость умягченной воды. *Умягчение жесткой воды глауконитом (катионитом)*. Сущность этого метода умягчения заключается в пропускании воды через слой мелкозернистого глауконита (условное обозначение $^T a_2K$).

Так как глауконит способен за счет обменной реакции извлекать из воды ионы кальция и магния и "заменять ионами натрия, то в результате такого умягчения в воде уменьшается содержание кальция и она становится мягкой. Остаточная жесткость воды в этом случае обычно не превышает 0,05 мг-экв/л.

На качество умягчения влияет начальная жесткость испытуемой воды, высота слоя катионита в фильтре, его активность, а также скорость пропускания воды через фильтр.

Для умягчения пробы воды насыпают в бюретку слой катионита (глауконита) высотой 300...400 мм и через него медленно пропускают примерно 100 см³ воды небольшими порциями. Скорость выхода воды через нижнее отверстие бюретки должна быть не более 2 см³/мин. При такой скорости фильтрации вода достаточное время контактирует с умягчителем и обменные реакции полностью завершаются.

Для проверки качества умягчения воды первые 10... 20 см³ отбрасывают, затем отбирают пробу для определения временной и общей жесткости.

Этот способ выгодно отличается от других, так как конструкция фильтров-умягчителей проста, легко восстанавливается (регенерируется) активность минерала и т.д.

По истечении рабочего цикла фильтра-умягчителя (обычно не менее 6 ч) отработанный глауконит регенерируют пропусканием через него 5...10 %-ного раствора хлористого натрия. После этого его обменная способность восстанавливается.

Работа № 14. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩИХ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Общие сведения. Низкозамерзающие жидкости (антифризы) широко используются в системах охлаждения двигателей. Для автотракторных двигателей, например, применяют этиленгликолевые антифризы. Этиленгликоль $C_2H_4(OH)_2$ - двухатомный спирт, представляет собой ядовитую жидкость без цвета и запаха, хорошо смешивается с водой в любых соотношениях, плотность при 20^0C составляет 1113 кг/м^3 , замерзает при минус $11,5^0C$. Однако при смешивании этиленгликоля с водой температура застывания смеси ниже, чем каждого из компонентов. При смешивании этиленгликоля с водой в различных соотношениях можно получить смеси, замерзающие от 0 до минус $70...75^0C$.

В связи с тем что этиленгликоль и вода обладают различной плотностью, при смешивании их в различных соотношениях меняется плотность антифриза. По плотности антифриза можно судить о его температуре замерзания.

Промышленность выпускает антифризы марок 40, 65 и концентрат марки 40к (табл. 14).

Антифриз марки 40 предназначен для эксплуатации двигателей в зимнее время в средней полосе.

Антифриз марки 65 выпускается для эксплуатации двигателей в холодное время года в районах Севера и Сибири. При смешивании 1 л концентрата 40к с 0,73л воды получают охлаждающую жидкость марки 40.

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

Декстрин - это углевод типа крахмала, его вводят в антифриз в количестве 1 г/л. Он защищает от коррозии алюминий, медь и свинцовооловянный припой. Некоторая часть декстрина (5...10%) не растворяется в антифризе и находится в нем в виде коллоида. Поэтому антифриз становится несколько мутным. Декстрин при хранении может выпасть в осадок, и антифриз приобретает прозрачность. Антифриз мутный или с выпавшим осадком декстрина пригоден к употреблению.

Низкозамерзающие охлаждающие жидкости.

| Показатель | Норма для марки | | |
|--|-----------------|-------------|-------------|
| | 40 | 65 | 45к |
| Цвет | Светло-желтый | Оранжевый | Желтый |
| Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ | 1067...1072 | 1085...1090 | 1110...1115 |
| Состав, % масс. | | | |
| этиленгликоль, не менее | 52 | 64 | 94 |
| вода, не более | 47 | 35 | 5 |
| Температура замерзания, ⁰ С, не выше | -40 | -65 | - |
| Температура применения, ⁰ С | -40...+95 | -60...+95 | - |

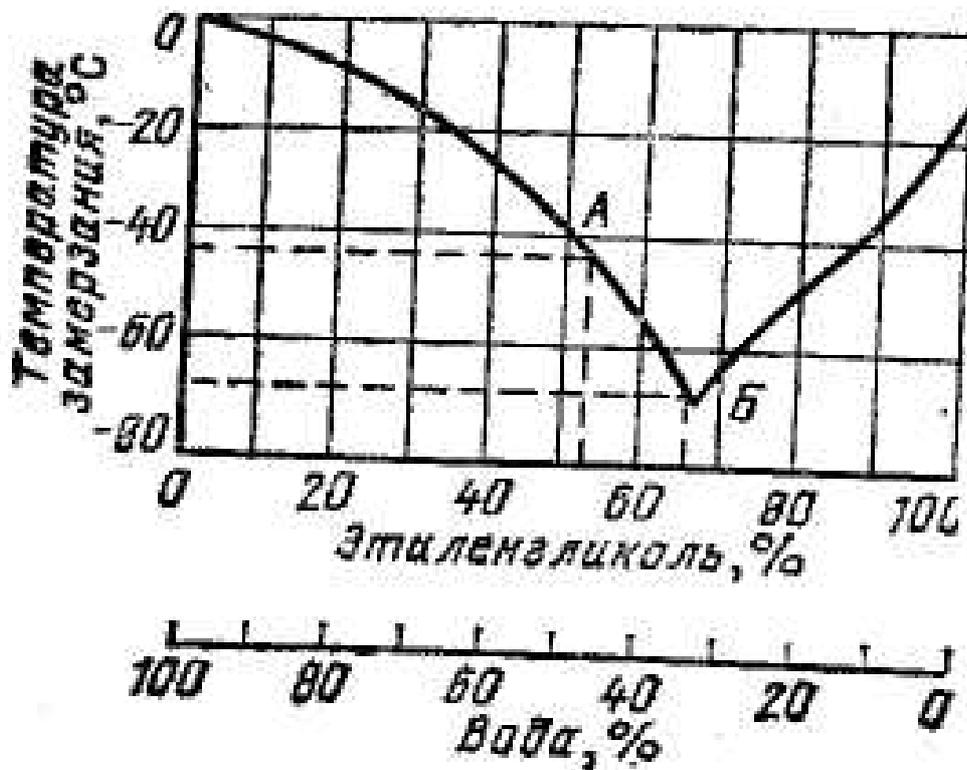


Рис. 15. Кривая кристаллизации водоетиленгликолевых смесей.

Динатрийфосфат вводят в количестве 2,5...3,5 г/л. Он предотвращает коррозию стальных, чугунных и частично медных деталей.

Молибденовокислый натрий вводят в антифриз в количестве 7...8 г/л для предупреждения коррозии цинковых и хромовых покрытий.

Применяется также низкозамерзающая охлаждающая жидкость Тосол. Выпускают три марки этой жидкости: Тосол А-40, Тосол А-65 и Тосол А. Тосол применяют все сезонно. В него добавляют антикоррозионные и антипенные присадки.

Тосол А представляет собой концентрат, при разбавлении которого на

50% дистиллированной водой получают антифриз с температурой кристаллизации -35°C . При соответствующем разбавлении концентрата дистиллированной водой получают Тосола А-40 с температурой замерзания -40°C и Тосола А-65 с температурой замерзания -65°C .

Марку Тосола можно определить по его плотности при 20°C , которая для Тосола А составляет $1120\text{...}1140 \text{ кг/м}^3$, для Тосола А-40 - $1075\text{...}1085$, для Тосола А-65 - $1085\text{...}1095 \text{ кг/м}^3$.

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

Проведение испытаний. Состав антифриза определяют гидрометром. Существуют специальные ареометры-гидрометры, с помощью которых измеряют содержание этиленгликоля в антифризе и температуру его замерзания. Гидрометр (рис. 16) представляет собой ареометр, снабженный вместо шкалы плотности двойной шкалой - содержания этиленгликоля и температуры замерзания. При проведении опыта температура антифриза должна быть 20°C , для чего антифриз, налитый в цилиндр, выдерживают в термостатирующем устройстве в течение 15 мин. В этом случае не требуется вводить в полученный результат температурных поправок.

Осторожно опускают гидрометр в цилиндр с антифризом. После того как гидрометр установился, по верхней границе мениска отсчитывают на шкале значения состава антифриза и температуры застывания. Если определение состава антифриза производилось не при 20°C , то в показания гидрометра вносят поправку (табл. 15).

В первой графе таблицы находят температуру, при которой проводится опыт, а по горизонтальной строке - показания гидрометра при температуре опыта. Затем в том же столбце, но в строке, соответствующей 20°C , находят истинное содержание этилен-гликоля в антифризе.

Например, при температуре 10°C содержание этиленгликоля по гидрометру 38%. Истинное содержание этиленгликоля (при 20°C) будет 35%. Если в таблице отсутствуют значения температуры и показаний гидрометра, прибегают к интерполяции. После того как найден истинный состав антифриза, по шкале гидрометра определяют температуру его замерзания.

В том случае, когда состав антифриза не соответствует нормам, приготавливают смесь требуемого качества. Необходимую добавку воды или этиленгликоля при испарении антифриза рассчитывают по формулам:

при добавлении этиленгликоля

$$M = \frac{a-b}{b}H;$$

при добавлении воды

$$M = \frac{c-d}{H},$$

d

где M - количество добавляемого компонента, л; H - объем исходного образца, л; a и b - содержание воды в исходном образце и в заданной смеси, % по объему; c и d - содержание этиленгликоля в исходном образце и в заданной смеси, % (объемн.)

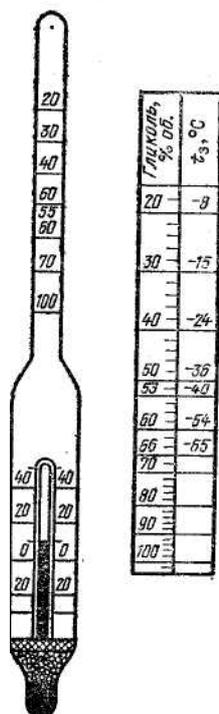


Рис. 16. Гидрометр и его шкала.

Таблица 15

Поправки к показаниям гидрометра

| Температура испытываемого антифриза, °С | Содержание этиленгликоля, % (объемн.) | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 17 | 22 | 27 | 32 | 36 | 41 | 46 | 5 | 55 |
| 30 | 17 | 22 | 27 | 32 | 36 | 41 | 46 | 5 | 55 |
| 20 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 40 | 55 | 60 |
| 15 | 21 | 26 | 32 | 37 | 42 | 47 | 52 | 57 | 63 |
| 10 | 22 | 27 | 33 | 38 | 44 | 49 | 54 | 59 | 65 |
| 0 | 24 | 29 | 29 | 35 | 40 | 47 | 52 | 63 | 69 |
| -10 | 26 | 31 | 37 | 43 | 50 | 56 | 62 | 67 | 73 |

Работа № 15. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТОРМОЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Общие сведения. На всех легковых и некоторых грузовых автомобилях тормозная система снабжена гидравлическим приводом.

Надежность работы гидравлического привода зависит от эксплуатационных свойств тормозной жидкости. Тормозные жидкости должны быть легкоподвижными, обладать небольшой вязкостью; температура замерзания должна быть ниже температуры окружающего воздуха, при которой эксплуатируются автомобили. Жидкость не должна расслаиваться; не допускается выпадение сгустков и осадков. Тормозные жидкости должны обладать полной совместимостью с резиновыми деталями и металлом тормозной системы, а также хорошей смазывающей способностью.

Выпускаются тормозные жидкости марок ГТЖ-22М, Нева, БСК, ЭСК и т.п. (табл.16).

Таблица 16

Тормозные жидкости

| Показатель | Норма для марки | | |
|---|---|--|--|
| | ГТЖ-22М | Нева | БСК |
| Внешний вид | Прозрачная зеленая жидкость | Прозрачная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета | Жидкость от красного до оранжево-красного цвета |
| Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ | 1100...1110 | 1012...1015 | 890...900 |
| Кинематическая вязкость при температуре 50 ⁰ С, мм ² /с(Ст) | 7,9...8,3 | Менее 5,0 | 9,4...13,5 |
| Низкотемператур-ные свойства | Температура замерзания не выше -65 ⁰ С | После выдержки 6 сут. при -40 ⁰ С и 6 ч при -50 ⁰ С не должно быть расслаивания или осадка | При выдерживании в течение 30 мин при -40 ⁰ С не должно быть расслаивания |

Тормозная жидкость ГТЖ-22М представляет собой смесь различных гликолей (двухатомных спиртов). Она обладает

удовлетворительными вязкостно-температурными и хорошими низкотемпературными свойствами (замерзает при температуре -65°C), низкой испаряемостью и высокой температурой вспышки; не разрушает резиновые детали. К недостаткам тормозной жидкости ГТЖ-22М следует отнести сильную ядовитость, плохие смазывающие свойства и повышенную гидроскопичность.

Тормозная жидкость Нева на гликолевой основе наиболее распространена; она рекомендуется для большинства легковых автомобилей. Обладает хорошими вязкостно-температурными свойствами (вязкость при 50°C не менее 5 сСт), хорошо растворяет воду, однородность водной смеси сохраняется до -40°C и ниже. Тормозная жидкость Нева огнеопасна, попадание ее на кожу человека приводит к дерматитам.

Тормозная жидкость БСК представляет собой смесь 50% касторового масла и 50% бутилового спирта.

Касторовое масло придает жидкости хорошую смазывающую способность. Жидкость не вызывает большого набухания или размягчения резиновых уплотнительных деталей тормозной системы. Тормозная жидкость БСК обладает неудовлетворительными вязкостно-температурными свойствами, поэтому ее рекомендуют применять только в средней полосе.

К недостаткам спиртокасторовой смеси относится высокая температура кристаллизации касторового масла (кристаллизация начинается при 5°C и интенсивно протекает при -20°C). В результате этого образуются сгустки, которые вызывают закупоривание трубопроводов гидравлического привода и отказ тормозов автомобиля. Применять Жидкость БСК при температуре окружающего воздуха ниже -20°C не рекомендуется. Следует оберегать жидкость БСК от попадания воды, что может привести к расслоению жидкости.

Жидкость ЭСК представляет собой смесь 60% касторового масла и 40% этилового спирта, окрашенную в красный цвет.

Жидкость Томь представляет собой смесь гликолей и эфиров борной кислоты, применяется для гидравлических тормозов легковых и грузовых автомобилей. Обладает небольшой гидроскопичностью и хорошими противоизносными и антикоррозионными свойствами.

Нельзя смешивать тормозные жидкости, изготовленные на касторовой и гликолевой основах, так как это приводит к ухудшению эксплуатационных качеств.

Проведение испытаний. Выполняют три определения. Определение марки жидкости по цвету. Цвет тормозных жидкостей указан в таблице 16.

Проверка тормозных жидкостей на смешивание. Если марка гидравлической жидкости, залитой в тормозную систему,

неизвестна, то делают пробу на смешивание. В пробирку наливают равное количество жидкости, взятой из тормозной системы, и той, которую предполагается доливать в систему. Затем жидкости взбалтывают. Если произошло расслоение смеси, то жидкости изготовлены на разных основах и доливать жидкость в тормозную систему нельзя.

Проверка образцов жидкости на растворимость в воде и бензине. При добавлении к жидкостям БСК и ЭСК воды они расслаиваются, а гликолевые жидкости полностью смешиваются с водой. При добавлении бензина к касторовой жидкости они полностью перемешиваются и образуют однородную смесь. Гликолевые жидкости не смешиваются с бензином, получаются два разнородных слоя.

Работа № 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

Общие сведения. Пластичные смазки проявляют свойства, присущие твердому телу в состоянии покоя или при приложении к их поверхности небольшой силы. Они не текут и сохраняют свою форму. Когда приложенная к смазке сила превышает некоторое значение, пластичная смазка начинает течь.

Предел прочности характеризуется минимальным напряжением сдвига, при котором в пластичной смазке разрушается структурный каркас и она приобретает текучесть. Пределом прочности на сдвиг пластичной смазки называется критическое значение силы, отнесенное к единице площади сдвига слоев смазки. За единицу измерения этой величины принят паскаль (Па).

Значение предела прочности на сдвиг определяется в основном качеством загустителя и его концентрацией в пластичной смазке. Предел прочности зависит от температуры: при повышении температуры он снижается. Температура, при которой предел прочности становится равным нулю, является истинной температурой перехода смазки из пластичного в жидкое состояние и характеризует предел применения пластичной смазки.

Чем выше предел прочности на сдвиг пластичной смазки, тем она лучше удерживается на поверхности. Чтобы смазка не стекала с трущихся поверхностей под действием центробежной силы в подшипниках качения, предельное напряжение сдвига должно быть не менее 150... 180 Па.

Предел прочности на сдвиг пластичных смазок определяют по методу Климова на пластометре К-2. Метод основан на измерении давления, при котором происходит сдвиг смазки в капилляре пластометра К-2.

Прибор рассчитан на проведение измерений при давлениях до 5 кгс/см². Давление в приборе создается за счет термического расширения жидкости в резервуаре, нагреваемом электропечью.

В таблице 17 приведены данные о пределе прочности на сдвиг некоторых пластичных смазок, применяемых в сельском хозяйстве.

Таблица 17

Пределы прочности на сдвиг пластичных смазок

| Смазка | Предел прочност и на сдвиг Па, при температуре | |
|-----------------|--|-----------|
| | 20 °С | 50 °С |
| Солидол С | 300 . .700 | 200. 350 |
| Пресс-солидол С | 70. .200 | 100. 180 |
| Графитная УСсА | 300 . .700 | 200. 300 |
| Литол-24 | 600. .1200 | 400. 600 |
| Фиол-1 | 250 . .350 | 200. 250 |
| У ниол- 1 | 200 . .500 | 250. 400 |
| ЦИАТИМ-221 | 250 . .450 | 120. 300 |
| ЦИАТИМ-201 | 350 . .550 | 250 . 350 |
| Смазка № 158 | 150. .400 | 150. 300 |
| КСБ | 300. .800 | 200. 400 |

17. Пределы прочности пластичных смазок

Проведение испытаний. Пластометр К-2 (рис. 17) состоит из основания со стойкой, по которой вертикально перемещается электропечь 8. Электропечь нагревает резервуар 7 с маслом для повышения давления, которое контролируют по манометру 5. Воронка 6 служит для добавления масла в прибор, кран 4 — для сообщений воронки с внутренней полостью прибора. Корпус / трубкой соединен с внутренней полостью прибора. Внутри оправки 2 находится капилляр. В комплект прибора входят два капилляра, один — длиной 300 мм, другой — длиной 50 мм. Короткий капилляр применяется в том случае, когда при испытании на длинном капилляре давление превышает допустимое для манометра.

Мешалка для перемешивания смазки представляет собой полый цилиндр со съёмными крышками. Через верхнюю крышку в цилиндр вставлен поршень в отверстиями.

Все внутренние полости прибора К-2, включая манометр, заполнены маловязким маслом с целью полного вытеснения воздуха.

Перемешанной смазкой заполняют обе половинки желоба капилляра. Осторожно, чтобы не вызвать сдвига смазки, соединяют их и надевают кольцо. Смазывают испытуемой смазкой наружную поверхность капилляра, вставляют его в оправку, медленно вращая и передвигая вдоль

оси. На нижний обрез буртика оправки вдевают резиновую прокладку и устанавливают оправку на выступ в корпусе пластометра.

Пластометр заполняют маслом, для чего открывают кран воронки с маслом и держат его открытым до тех пор, пока уровень масла в корпусе не достигнет верхнего обреза буртика оправки. Закрепляют оправку в корпусе гайкой, на верхней части корпуса устанавливают защитное стекло.

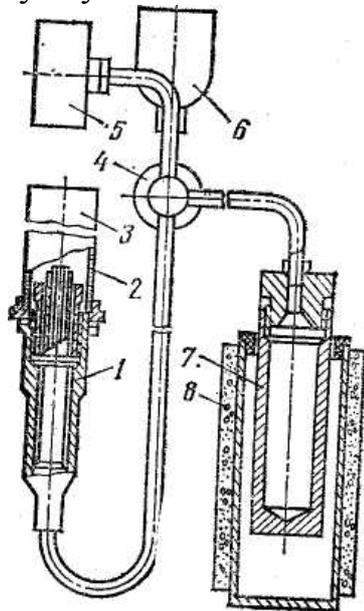


Рис.17. Пластометр К-2:

Включают электропечь, обогревающую резервуар с маслом, и наблюдают за манометром. Скорость повышения давления в системе должна быть не более $0,05 \text{ кгс/см}^2$ в 1 мин при использовании длинного капилляра и $0,05 \text{ кгс/см}^2$ в 2 мин при использовании короткого. Скорость повышения давления регулируют, (поднимая и опуская вдоль резервуара с маслом электропечь и соответственно увеличивая или уменьшая площадь нагревания).

После того как давление в системе, достигнув некоторого максимума, начинает снижаться, включают электропечь, открывают кран воронки и медленно вынимают оправку с капилляром из корпуса манометра, после чего кран закрывают.

В момент окончания опыта из капилляра выдавливается смазка, что можно наблюдать через защитное стекло.

Обработка результатов. Предел прочности τ (Па) испытуемой пластичной смазки вычисляют по формуле

$$\tau = \frac{p \cdot r \cdot 100000}{2l}$$

где p — максимальное давление, кгс/см^2 ;

r и l — радиус и длина капилляра, см; $l=5$ или 10 см.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

Учебное издание

ТОПЛИВО И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторный практикум

Составители

СЫРБАКОВ Андрей Павлович
КОРЧУГАНОВА Марина Анатольевна

Научный редактор *кандидат технических наук,*
доцент, к.т.н. Ретюнский О.Ю.

Корректурa
Компьютерная верстка М.А. Корчуганова
Дизайн обложки

Подписано к печати 00.00.2015. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 9,01. Уч.-изд. л. 8,16.
Заказ 000-14. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru