

УДК 656.1(075)
ББК 30.82я73
М 17

Рецензенты:

доктор техн. наук, проф. Р.В.Ведрученко (ОмГУПС),
доктор техн. наук, проф. В.В. Сыркин (СибАДИ)

Лабораторный практикум по дисциплине «Автомобильные эксплуатационные материалы» допущен редакционно-издательским советом академии к печати в качестве учебного пособия по выполнению лабораторных работ для студентов очного и заочного обучения по специальностям 140501, 190201, 190601, 190603, 190205, 190702.

Макушев Ю.П. **Лабораторный практикум по автомобильным эксплуатационным материалам**: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 68 с.

В практикуме изложены методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Автомобильные эксплуатационные материалы». В лабораторном практикуме приведены методы определения важнейших показателей качества топлив, смазочных материалов и технических жидкостей. Особое внимание уделено определению плотности, вязкости, фракционного состава, детонационной стойкости, способности самовоспламенения топлив, давлению насыщенных паров, содержанию смол, серы, воды и механических примесей, температуры вспышки, качества моторных масел, консистентных смазок, антифризов и жидкостей для тормозных систем. Задачи, выполняемые в ходе лабораторных работ, имеют научное и практическое значение.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальностям «Двигатели внутреннего сгорания» (140501), «Автомобиле- и тракторостроение» (190201), «Автомобили и автомобильное хозяйство» (190601), «Сервис транспортных, технологических машин и оборудования» (190603), «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» (190205), «Организация и безопасность движения» (190702) и может быть полезным студентам технических колледжей.

Табл. 18. Ил. 17. Библиогр.: 6 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1. Определение содержания воды и механических примесей в нефтепродуктах.....	5
Лабораторная работа №2. Исследование основных эксплуатационных показателей качества бензинов и дизельных топлив.....	10
Лабораторная работа №3. Определение давления насыщенных паров бензинов.....	19
Лабораторная работа №4. Определение плотности и вязкости нефтепродуктов.....	23
Лабораторная работа №5. Определение фактического содержания смол и серы в топливе.....	29
Лабораторная работа №6. Определение температуры вспышки и воспламенения дизельного топлива.....	34
Лабораторная работа №7. Оценка эксплуатационных качеств моторных масел.....	39
Лабораторная работа №8. Исследование свойств консистентных смазок.....	49
Лабораторная работа №9. Изучение свойств тормозных жидкостей.....	55
Лабораторная работа №10. Оценка качества охлаждающих жидкостей.....	59
Техника безопасности и противопожарные мероприятия при выполнении лабораторных работ	65
Библиографический список	66

ВВЕДЕНИЕ

В России эксплуатируется более 30 млн единиц мобильных транспортных машин с двигателями внутреннего сгорания, среди которых около 20 млн автомобилей. На автомобильный транспорт приходится более 50 % грузовых и пассажирских перевозок. Для привода в движение автомобилей и другой техники используют в основном двигатели внутреннего сгорания. При производстве современных двигателей используют высокопрочные материалы, полимеры, новейшие технологии, компьютерную технику, электронное управление процессом сгорания топлива. Несмотря на достижения науки и техники современные двигатели внутреннего сгорания являются основным источником загрязнения атмосферы, имеют повышенный расход топлива и смазочных материалов.

Несовершенство двигателей, низкое качество топлив, смазочных материалов, тяжелые условия эксплуатации, недостаточный уровень сервиса повышают требования к инженерам и специалистам, работающих в области конструирования, производства и обслуживания машин.

Современный инженер должен знать новейшие технологии получения высококачественных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, их физико-химические, эксплуатационные и экологические свойства, требования к ним, передовой опыт, нормативные документы, классификацию, способы экономии, правила хранения, технику безопасности.

Специалист должен приобрести навыки экспресс-анализа, уметь определить вид эксплуатационного материала, его токсичность, взрывоопасность, подбирать к конкретным условиям эксплуатации, сопоставлять отечественную и зарубежную маркировку, определять расход топлива при работе двигателя.

В практикуме приведены лабораторные работы, охватывающие основные разделы курсов «Автомобильные эксплуатационные материалы», «Химмотология», «Эксплуатационные материалы». Целью лабораторных работ является формирование знаний у студентов технических специальностей в области теории и практики рационального использования моторных топлив, смазочных материалов и специальных жидкостей.

При составлении практикума был учтен многолетний опыт организации и проведения лабораторных работ на кафедре «Теплотехника и тепловые двигатели» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии и кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Павлодарского государственного университета.

Лабораторная работа №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В НЕФТЕПРОДУКТАХ

1.1. Цель и задачи лабораторной работы

Обучить студентов приемам анализа топлив, масел и по результатам исследования составить заключение о качестве нефтепродуктов и возможности их использования в автомобилях, дорожных машинах и двигателях внутреннего сгорания.

Привить навыки по определению содержания воды, механических примесей в образце нефтепродукта (бензине, дизельном топливе, масле).

1.2. Общие сведения

Все нефтепродукты способны поглощать воду, при этом количество растворенной воды возрастает с увеличением относительной влажности и температуры окружающей среды. Вода может проникать в нефтепродукты при эксплуатации техники, хранении топлива и при заправке. В большом количестве вода оседает на дно резервуаров, в малом – может находиться в эмульсионном состоянии, в результате чего нефтепродукты мутнеют. Присутствие воды в топливах вызывает перебои в работе двигателя, коррозию деталей топливной аппаратуры, снижает их теплоту сгорания, способствует разложению антидетонаторов в этилированных бензинах. В холодное время года она вызывает закупоривание топливопроводов и топливных фильтров кристаллами льда или же ледяными пробками. В маслах вода снижает эффективность действия присадок, ускоряет процесс старения масел, способствует нагарообразованию.

Механическими примесями считаются все посторонние частицы, находящиеся в нефтепродуктах в осадках или во взвешенном состоянии. Размеры частиц, их количество и состав могут быть различными. Различают частицы *органического* и *неорганического* происхождения. Наибольшую опасность представляют абразивные загрязнения, имеющие кристаллическое строение, обуславливающее их высокую твердость, такие как кварциты, глиноземы (пыль, песок). Наличие механических примесей в нефтепродуктах снижает надежность и долговечность работы агрегатов и систем автомобилей и тракторов. Так, их присутствие в топливах вызывает засорение фильтров, жиклеров карбюраторов, сопловых отверстий распылителей форсунок, повышенный износ прецизионных деталей топливных систем, способствует увеличению нагарообразования. Механические примеси в маслах вызывают повышенный износ трущихся поверхностей, резко сокращая срок их службы. Они могут попадать в нефтепродукты главным образом при транспортировке, хранении и эксплуатации.

Присутствие механических примесей и воды в нефтепродуктах для автотракторных двигателей стандартами не допускается. С учетом точности оценки содержания примесей в дизельных топливах наличие воды допускается до 0,03 %, а механических примесей до 0,005 %. Определение содержания воды и механических примесей в нефтепродуктах осуществляется *качественными* и *количественными* методами. При *качественном* определении устанавливается наличие или отсутствие механических примесей и воды, при *количественном* – их процентное содержание в исследуемом нефтепродукте.

1.3. Аппаратура, реактивы и материалы

Для выполнения лабораторной работы необходимы: прибор для количественного определения содержания воды, штатив с пробирками, стеклянный цилиндр, аналитические весы, стеклянная воронка, стакан, два плоских стекла 60×60 мм, спиртовка, бумажные фильтры, образцы испытуемых нефтепродуктов.

1.4. Определение содержания воды

Количественное определение воды в нефтепродуктах выполняется по ГОСТ 2477–65 с помощью прибора, схема которого изображена на рис. 1.1. Прибор состоит из колбы 2, приемника-ловушки 3, холодильника 4 и нагревателя 1. В сухую колбу наливают 100 мл испытуемого нефтепродукта, туда же помещают несколько кусочков неглазурованного фаянса или фарфора. Прибор собирают таким образом, чтобы обеспечить герметичность всех соединений.

Включают нагреватель, содержимое колбы доводят до кипения и далее нагревают так, чтобы скорость конденсации дистиллята в приемник была от 2 до 5 капель в 1 с. Перегонку прекращают, как только объем воды в приемнике-ловушке не будет увеличиваться и верхний слой топлива станет совершенно прозрачным. Время перегонки должно быть не менее 30 и не более 60 мин.

После того, как прибор охладится, по шкале сборника определяется объем воды, накопленный в приемнике-ловушке. Объемная доля воды в процентах вычисляется по формуле

$$X = \frac{V_0}{V} \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

где V – объем пробы нефтепродукта, мл;

V_0 – объем воды в приемнике-ловушке, мл.

Качественное определение присутствия воды в нефтепродуктах выполняется следующим образом. Бензин наливается в стеклянный цилиндр

и отстаивается в течение 100 мин. Вода тяжелее бензина, поэтому она осядет на дно и будет хорошо видна при внешнем осмотре. Дизельное топливо наливается в стеклянный цилиндр и тщательно перемешивается. Если в топливе есть вода, то оно помутнеет. Масло наливается в сухую пробирку в количестве 3–4 мл и подогревается на малом огне. Если в масле содержится вода, то слышно характерное потрескивание, оно пенится, на верхней (холодной) части пробирки конденсируются мелкие капли воды. Если потрескивание не слышно, но верхняя часть пробирки помутнела, то в нефтепродуктах содержатся следы воды.

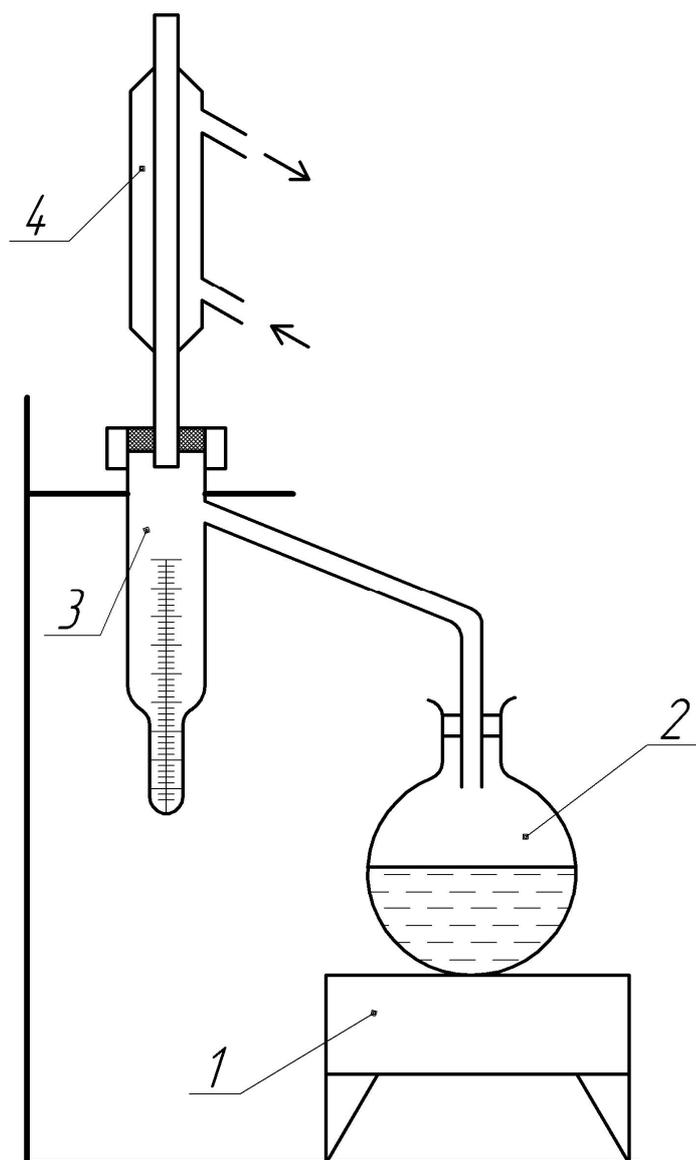


Рис. 1.1. Установка для определения содержания воды в нефтепродуктах:
1 – нагревательный прибор; 2 – колба с топливом;
3 – сборник воды (приемник-ловушка); 4 – холодильник

1.5. Определение содержание механических примесей

Количественное определение содержания механических примесей в нефтепродуктах выполняется по ГОСТ 6370–59. Предварительно высушенный в стаканчике бумажный фильтр взвешивается с точностью до 0,0002 г, испытуемое топливо в количестве 100 г подогревается и пропускается через фильтр, помещенный в стеклянную воронку. Остаток на стакане смывается бензином. По окончании промывки фильтр с осадком помещается в стаканчик для взвешивания, в котором сушился чистый фильтр. Процесс сушки выполняется с открытой крышкой не менее одного часа в сушильном шкафу при температуре 115–110 °С, после чего стаканчик закрывается крышкой, охлаждается и взвешивается. Содержание механических примесей в процентах вычисляется по формуле

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

где m_1 – масса стаканчика с фильтром и механическими примесями, г;
 m_2 – масса стаканчика с чистым фильтром, г;
 m_3 – масса нефтепродукта, г.

Содержание механических примесей до 0,005 % оценивается как их отсутствие.

Качественное определение присутствия механических примесей в нефтепродуктах выполняется следующим образом. Бензин или дизельное топливо в количестве 25 мл пропускается через фильтровальную бумагу. Чистое топливо оставляет едва заметное желтое маслянистое пятно. При наличии механических примесей пятно будет темным со следами примесей. Капли масла наносятся на стекло, сверху накладывается второе стекло, и при легком нажатии сверху стёкла перемещают относительно друг друга. При наличии механических примесей слышен характерный скрип.

Чистоту топлива по ГОСТ 19006–73 оценивают *коэффициентом фильтруемости*. Он характеризует присутствие в топливе загрязнений всех видов и представляет собой отношение времени прохождения через фильтр из бумаги десятой порции фильтруемого топлива к первой при атмосферном давлении. По ГОСТ 305–82 коэффициент фильтруемости для дизельных топлив не должен быть более 3. На величину коэффициента фильтруемости влияют содержание механических примесей, воды и смолистых веществ.

1.6. Содержание отчета

1. Название, цель и задачи лабораторной работы.
2. Перечень приборов, реактивов, материалов.
3. Схема лабораторной установки.
4. Методика определения воды и механических примесей.
5. Результаты опытов, необходимые расчеты, выводы по работе.

1.7. Контрольные вопросы

1. Какую опасность представляет наличие воды в нефтепродуктах?
2. Перечислить методы определения содержания воды в нефтепродуктах?
3. Как влияет присутствие механических примесей в дизельных топливах на работу топливоподающей аппаратуры?
4. Перечислить методы определения содержания механических примесей в нефтепродуктах?
5. Перечислить методы качественного определения содержания механических примесей в нефтепродуктах?

Лабораторная работа №2. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БЕНЗИНОВ И ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

2.1. Цель и задачи лабораторной работы

Обучить студентов методам определения основных физико-химических свойств топлив. По результатам исследования студент должен установить вид и марку топлива, сопоставить полученные результаты с требованием ГОСТа, дать заключение о качестве анализируемого нефтепродукта. Изучить марки моторных топлив и требования к ним.

Определить фракционный состав бензина, его детонационную стойкость, способность дизельного топлива самовоспламеняться.

2.2. Общие сведения

Для полного сгорания жидких топлив необходимо их перевести в газообразное состояние, которое достигается путем распыливания на мелкие частицы и испарения под действием высоких температур. Под *испаряемостью топлива* понимают его способность переходить из жидкого состояния в газообразное.

Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечить быстрый прогрев двигателя, хорошую динамику разгона, полное сгорание топлива на всех скоростных и нагрузочных режимах, исключая образование паровых пробок в системе питания.

Жидкие нефтяные топлива представляют собой сложную смесь углеводородов, отличающихся различными молекулярными массами, плотностью, вязкостью. В отличие от воды, спирта, эфира и других жидкостей углеводородные топлива не имеют одной температуры кипения. Меньшие температуры кипения имеют легкие топлива или его фракции. С утяжелением фракционного состава топлива температура кипения увеличивается. При этом под фракцией понимается часть топлива, испарившаяся в определенном интервале температур.

Испаряемость является важным показателем топлива, оказывающим значительное влияние на эксплуатационные показатели двигателя. От полноты испарения топлива зависит легкость пуска, мощностные, экономические и экологические показатели двигателя, интенсивность механического износа, нагарообразование и долговечность. Так, наличие большого количества неиспарившегося топлива в начале процесса сгорания в бензиновом двигателе сопровождается затягиванием процесса сгорания, в результате чего снижаются мощностные и экономические показатели двигателя, увеличивается токсичность отработавших газов. Попадая на стенки цилинд-

ров, капли неиспарившегося топлива смывают с них пленку смазочного масла, что приводит к повышенному износу цилиндропоршневой группы.

Применение топлива тяжелого фракционного состава для быстроходных автотракторных дизелей приводит к увеличению расхода топлива, ухудшению пуска, повышению нагарообразования, закоксуванию форсунок, ускорению износа цилиндропоршневой группы, увеличению дымности и токсичности отработавших газов. Применение топлива легкого фракционного состава увеличивает жесткость работы дизеля, повышает утечки топлива в прецизионных парах топливоподающей аппаратуры, повышает их износ вследствие снижения смазочных свойств топлива.

Фракционный состав жидких топлив определяют путем перегонки. По результатам перегонки строится график, показывающий зависимость объема отогнанного топлива от температуры, который называется кривой перегонки (рис. 2.1). По характерным точкам на кривой можно судить о некоторых эксплуатационных качествах топлива.

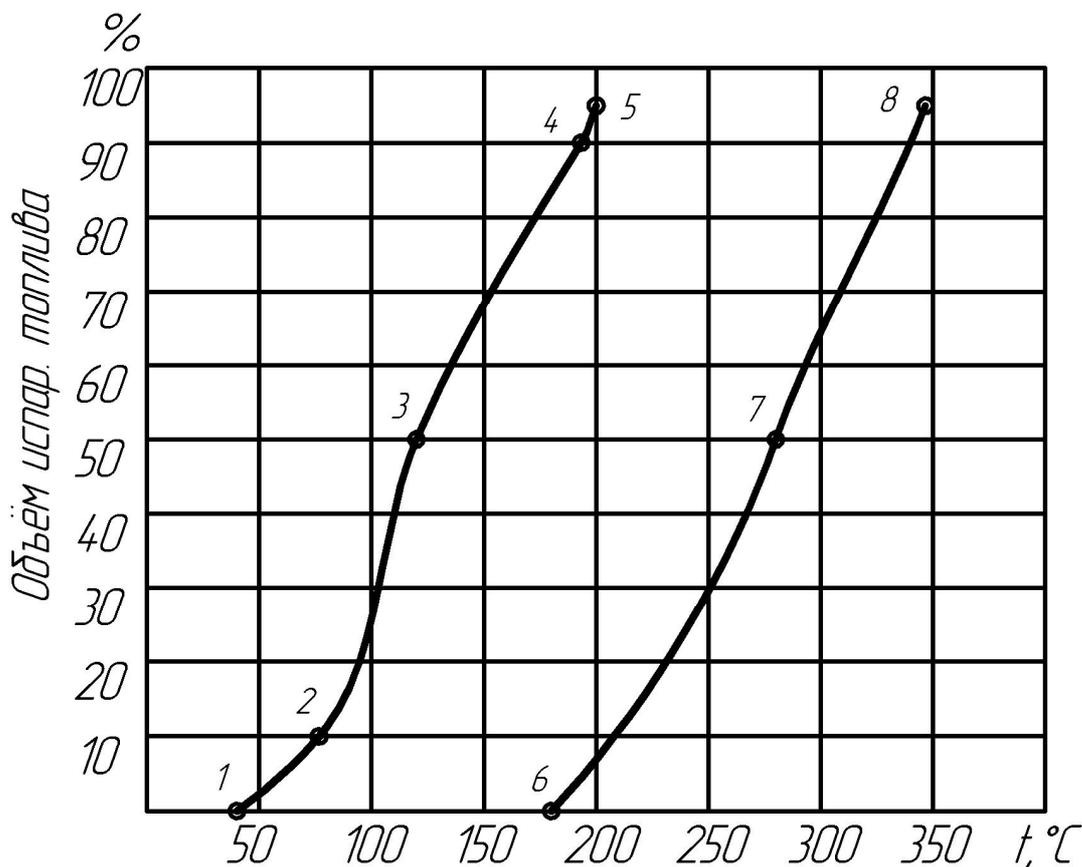


Рис. 2.1. Кривые перегонки бензина и дизельного топлива:
 1 и 6 – начало перегонки бензина и ДТ; 2 и 7 – температуры, определяющие пусковые качества бензина и ДТ; 3 – температура, определяющая среднюю (рабочую) испаряемость бензина ($t_{50\%}$); 4 и 8 – температуры, характеризующие наличие в топливе тяжелых фракций, смол;
 5 и 8 – конец разгонки; — перегонка бензина;
 - - - - - перегонка дизельного топлива

Бензины. По ГОСТ Р51105–97 выпускается четыре вида бензинов – Нормаль 80, Регуляр 91, Премиум 95, Супер 98. Все бензины не этилированные. В табл. 2.1 и 2.2 приведены основные физико-химические свойства и эксплуатационные показатели бензинов и дизельных топлив.

Октановое число бензина характеризует его способность противостоять детонационному (взрывному) сгоранию, определяется на одноцилиндровой установке моторным ($n = 900 \text{ мин}^{-1}$) или исследовательским ($n = 600 \text{ мин}^{-1}$) методами. Для оценки октанового числа, в настоящее время, применяют также переносные октанометры. Например, бензин марки Аи-80, (автомобильный бензин с октановым числом 80), которое определено исследовательским методом. Цифра 80 показывает, что если взять эталонную смесь из 80 % изооктана C_8H_{18} (октановое число 100) и 20 % гептана C_7H_{16} (октановое число 0), то она имеет одинаковые антидетонационные характеристики с бензином, которому присвоили марку Аи-80. Октановое число, определённое исследовательским методом, выше на $4 \div 10$ единиц, чем октановое число, определённое моторным методом. Это связано с тем, что частота вращения вала двигателя в 1,5 раза меньше, чем при моторном методе. Время на процесс сгорания увеличивается, что является благоприятным для образования очагов самовоспламенения (перекисей). При этом нужно меньше гептана, чтобы вызвать детонационное сгорание (октановое число увеличивается).

Стандарты на автомобильные бензины предусматривают обязательное определение температур начала кипения, а также выкипания 10 %, 50 %, 90 % топлива и конца кипения.

Температура начала кипения $t_{н.к}$ характеризует наличие в топливе легкокипящих углеводородов, обуславливающих потери легких фракций при хранении топлива под воздействием тепла окружающей среды.

Температура выкипания 10 % топлива $t_{10\%}$ характеризует пусковую фракцию, по которой судят о пусковых качествах топлива. Чем меньше эта температура, тем при более низкой температуре возможен запуск двигателя. По температуре выкипания 10 % топлива можно определить минимальную температуру воздуха, при которой возможен пуск двигателя.

$$t_g = 0,5t_{10\%} - 50,5 . \quad (2.1)$$

При высоких температурах воздуха, вследствие испарения топлива, возможно образование паровых пробок в топливопроводах, поэтому температура выкипания 10 % топлива для летних сортов автомобильных бензинов должна быть не менее $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Во избежание образования паровых пробок рекомендуется, чтобы у бензинов, предназначенных к применению в условиях высоких температур окружающего воздуха, выдерживалось соотношение

$$t_{10\%} \leq 0,5t_g + 46,5, \quad (2.2)$$

где t_g – температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$.

Таблица 2.1

Показатели автомобильных бензинов (ГОСТ Р51105–97)

Показатели	Марки бензинов			
	Аи-80	Аи-91	Аи-95	Аи-98
Детонационная стойкость: ОЧ _И /ОЧ _М , не менее	80/76	91/82,5	95/85	98/88
Содержание свинца, г/дм ³ , не более	0,01	0,01	0,01	0,01
Фракционный состав: температура начала перегонки, °С	35	35	–	–
Кислотность, мг КОН на 100 мл бен- зина, не более	3	3	3	3
Содержание фактических смол, мг на 100 см ³ бензина	5	5	5	5
Индукционный период, мин, не менее	360	360	360	360
Содержание серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05
Плотность при 15 °С, кг/м ³	700–750	725–780	725–780	725–780

Таблица 2.2

Испаряемость бензинов

Показатели	Классы				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров бензина, кПа:					
min	35	45	55	60	80
max	70	80	90	95	100
Фракционный состав, °С:					
температура начала каплепадения, не менее	35	35	–	–	–
<i>t</i> 10%	75	70	65	60	55
<i>t</i> 50%	120	115	110	105	100
<i>t</i> 90%	190	185	180	170	160

Температура выкипания 50 % топлива $t_{50\%}$ характеризует среднюю испаряемость рабочей фракции (от 10 % до 90 % по кривой перегонки). Она влияет на скорость прогрева двигателя, приемистость, которая определяется возможностью быстрого обогащения или обеднения топливовоз-

душной смеси на различных режимах. Чем ниже $t_{50\%}$, тем однороднее его состав и круче поднимается в средней части кривая перегонки, тем лучше динамика разгона и устойчивость работы двигателя.

Температура выкипания 90 % топлива $t_{90\%}$ определяет конец перегонки рабочей фракции. Чем выше эта температура, тем больше в топливе тяжелых углеводородов, вызывающих ухудшение технико-экономических показателей двигателя и его приемистости.

Температура конца кипения характеризует хвостовые фракции. Они крайне нежелательны в топливе, т.к. испаряются не полностью, вызывают смывание смазки с гильз цилиндров, разжижение моторного масла, нагарообразование. Чем меньше интервал температур $t_{90\%}$ до конца кипения, тем выше качество топлива.

Дизельные топлива. Стандартами на дизельное топливо (табл. 2.3) регламентируются температуры выкипания 50 % и конца перегонки 96 % топлива. *Температура выкипания 50 % дизельного топлива $t_{50\%}$* характеризует его пусковые свойства. Чем ниже эта температура, тем лучше пусковые свойства топлива, мягче работа двигателя.

Температура выкипания 96 % топлива $t_{96\%}$ позволяет оценить хвостовые фракции, определяемые присутствием в топливе тяжелых углеводородов. Чем меньше эта температура, тем качественнее топливо, лучше полнота его испарения, ниже склонность к образованию нагара и сажи.

Главным требованием к дизельным топливам является его способность самовоспламеняться. *Температура самовоспламенения* это минимальная температура, при которой пары нагретого топлива, смешанные с воздухом, воспламеняются самостоятельно. Температура самовоспламенения должна быть не более для летнего (Л) 310 °С, зимнего (З) 240 °С, арктического (А) 230 °С. Для определения цетанового числа используется одноцилиндровый отсек с переменной степенью сжатия. Начало подачи топлива и его воспламенение определяется при помощи неоновых лампочек, расположенных у маховика. Питание на лампочки подается при помощи контактов, которые замыкаются при подъеме иглы распылителя и прогиба мембраны датчика давления. Дизельный двигатель работает при частоте вращения вала 900 мин⁻¹ с опережением впрыска топлива в 13 градусов до ВМТ. Изменяя степень сжатия, добиваются того, чтобы впрыснутое топливо воспламенялось при положении поршня в ВМТ. В этом случае период задержки воспламенения будет равен 13 градусам поворота коленчатого вала двигателя. За период задержки воспламенения мелкие капли топлива прогреваются, так как температура воздуха в конце такта сжатия достигает 500–600 °С, испаряются, газифицируются, вступают в реакцию с кислородом воздуха и самовоспламеняются.

Цетановое число (ЦЧ) характеризует способность топлива самовоспламеняться. Для оценки цетанового числа используют углеводородное

топливо (эталон) цетан $C_{16}H_{34}$ с хорошей способностью самовоспламеняться (ЦЧ=100) и алфаметилнафталин $C_{11}H_{10}$ с плохой самовоспламеняемостью (ЦЧ=0). Подбирая эталонную смесь, например, 47 % цетана и 53 % альфаметилнафталина, добиваются того, чтобы эта смесь имела период задержки воспламенения 13 градусов (эталонная смесь должна воспламениться в ВМТ). При этом ЦЧ исследуемого топлива будет равно 47. Оптимальное значение ЦЧ должно быть 45–55. В данной лабораторной работе ЦЧ определяется переносным цетанометром.

Таблица 2.3

Отечественные дизельные топлива (ГОСТ 305-82)

Показатели	Норма для марки		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, °С:			
$t_{50\%}$, не выше	280	280	255
$t_{96\%}$, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0–6,0	1,8–5,0	1,5–4,0
Температура застывания, °С, не выше:			
для климатической зоны умеренной	–10	–35	–
холодной	–	–45	–55
Температура помутнения, °С, не выше:			
для климатической зоны умеренной	–5	–25	–
холодной	–	–35	–
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более:			
в топливе вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Испытание на медной пластинке	Выдерж.	Выдерж.	Выдерж.
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутств.	Отсутств.	Отсутств.
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	5	5	5
Температура самовоспламенения, °С	310	240	230
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Содержание механических примесей и воды	Отсутств.	Отсутств.	Отсутств.
Плотность при 20 °С, кг/ м ³ , не более	860	840	830

2.3. Приборы и принадлежности

Для выполнения лабораторной работы необходимы: прибор для разгонки нефтепродуктов, мерные цилиндры на 10 и 100 мл, образцы нефтепродуктов, октанометр и цетанометр.

Фракционный состав жидких топлив определяется по ГОСТ 2177–82 путем перегонки 100 мл топлива на отдельные фракции. На рис. 2.2 показана принципиальная схема прибора для перегонки жидких топлив.

Прибор состоит из стеклянной колбы 5 с отводной трубкой, холодильника 7, выполненного в виде водяной ванны с проходящей в ней металлической трубкой и приемника конденсата – мерного цилиндра 8 на 100 мл. Нагрев колбы осуществляется электрической плиткой 4 с регулятором нагрева. Для замера температуры перегонки колба снабжена термометром 6, положение установки которого показано на позиции 9. Для обеспечения безопасности работы колба закрывается кожухом. Конструкция аппарата разгонки нефти (АРН) совершенствуется. В последней модификации все его элементы расположены в одном корпусе. Температура нагрева регулируется реостатом 1 путем изменения напряжения, подаваемого в цепь питания электроплитки. Напряжение измеряется вольтметром 2. Прибор подключается к сети при помощи выключателя 3.

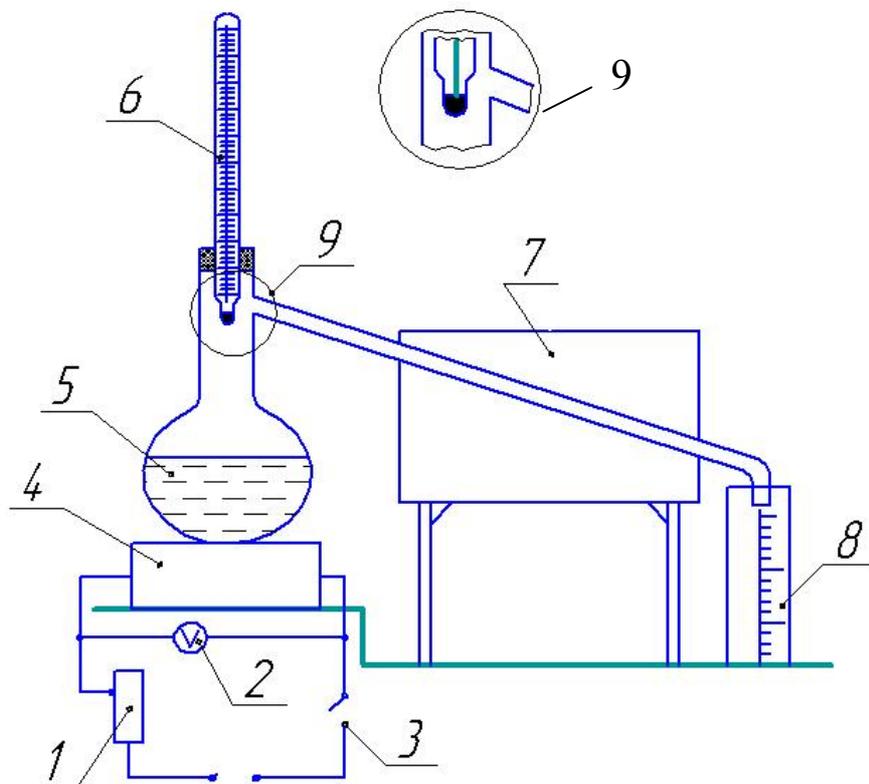


Рис. 2.2. Схема установки для определения фракционного состава нефтепродуктов:
1 – реостат; 2 – вольтметр; 3 – выключатель; 4 – электрическая плитка;
5 – колба; 6 – термометр; 7 – холодильник; 8 – мерный цилиндр;
9 – положение установки термометра

2.4. Порядок выполнения работы

При помощи измерительного цилиндра отмеряется 100 мл топлива, которое переливается в колбу. Колба закрывается пробкой с термометром, установленным таким образом, чтобы ртутный шарик находился на уровне нижнего края отводной трубки (см. рис. 2.2). Колба устанавливается на электроплитку и закрывается кожухом. Отводную трубку колбы соединяют с трубкой холодильника. Под нижний конец трубки холодильника устанавливается измерительный цилиндр. Холодильник подключается к холодному водопроводу, использованная вода отводится в канализацию.

Включается нагревательный прибор, напряжение устанавливается на 100 В и производится нагревание колбы так, чтобы первая капля сконденсировавшихся паров упала из трубки холодильника в измерительный цилиндр не ранее, чем через 5 минут и не позднее, чем через 10 минут после начала перегонки. Записывается температура падения первой капли, которая условно принимается за температуру начала перегонки. Дальнейшая перегонка производится со скоростью 4–5 мл/мин. Показания термометра записываются через 10 мл перегонки дистиллята.

После отгонки 90 мл дистиллята нагрев колбы усиливают так, чтобы до конца перегонки прошло от 3 до 5 минут. В тот момент, когда температура начнет падать записывается температура конца перегонки у бензинов. Дизельное топливо прекращают перегонять после отгонки 96 мл дистиллята.

После окончания перегонки дать остыть прибору, разобрать его, остаток из колбы перелить в измерительный цилиндр на 10 мл и записать его объем.

По барометру измеряется атмосферное давление. Октановое число бензина и цетановое число дизельного топлива определяют при помощи переносного октанометра-цетанометра.

2.5. Обработка результатов опыта

Определяются потери при перегоне как разность между 100 мл и суммой объемов дистиллята и остатка. Полученные в опыте температуры приводятся к нормальному барометрическому давлению по формуле

$$t_n = t \pm 0,00012 (760 - p) t, \quad (2.3)$$

где t_n, t – приведенная и измеряемая температуры, °С;

p – барометрическое давление, мм рт. ст.

Знак плюс используется, если барометрическое давление ниже 750 мм рт. ст., знак минус – если выше 770 мм рт. ст. При давлениях от 750 до 770 поправка не вносится. По полученным температурам строится график перегонки (см. рис. 2.1). Результаты сравниваются с ГОСТом (см. табл. 2.1, 2.2, 2.3), для чего составляется табл. 2.4, в которую вносятся результаты опыта. Записывают также значения октанового и цетанового числа бензина, ДТ и анализируют их значения согласно ГОСТ 51105–97 и 305–82.

Таблица 2.4

Паспорт на исследуемое топливо

Показатели качества	Результаты испытания	Данные по ГОСТ Р51105–97
Фракционный состав, °С: температура начала кипения		35
t_{10} %		70
t_{50} %		115
t_{90} %		185
температура конца кипения		195
Остаток и потери, %		Не более 4,0

2.6. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы
2. Краткое содержание работы.
3. Схема лабораторной установки.
4. Таблица с результатами перегонки бензина и дизельного топлива.
5. Графики кривых перегонки бензина и дизельного топлива.
6. Методика определения октанового и цетанового чисел.
7. Выводы по работе.

2.7. Контрольные вопросы

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. О каких качествах топлива можно судить по температуре выкипания 10 % топлива?
6. По температуре выкипания какой части топлива можно охарактеризовать рабочую фракцию?
7. Почему нежелательно присутствие в топливе тяжелых его фракций? Что такое хвостовая фракция топлива?
8. Как можно определить по данным разгонки топлива рабочие температуры окружающей среды, при которых возможен пуск двигателя и его бесперебойная работа?
9. Что характеризует октановое и цетановое число, как они определяются?
10. Укажите марку бензина и ДТ, которые Вы исследовали.

Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ БЕНЗИНОВ

3.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Топлива для бензиновых двигателей». В результате исследования необходимо определить испаряемость бензина, область применения.

Приобретение навыков и умения определения давления насыщенных паров бензинов.

3.2. Общие сведения

Давлением насыщенных паров называется давление, развиваемое парами испытуемого топлива в момент равновесия между жидкой и паровой фазами (давление, при котором при данной температуре жидкость вскипает). По давлению насыщенных паров можно судить об интенсивности испарения топлива, а также связанных с ним эксплуатационных характеристик топлива, таких как: пусковые качества; потери при хранении; склонность к образованию воздушных пробок; пожарная опасность.

Под испаряемостью топлива понимается его переход из жидкого состояния в газообразное. Наибольшей испаряемостью обладают топлива с повышенным давлением насыщенных паров. Поэтому для улучшения пусковых свойств топлив давление насыщенных паров должно быть повышенным. Однако повышенная испаряемость топлив крайне нежелательна при хранении топлив в вентилируемых емкостях в связи с возможностью потери легких пусковых фракций до применения. По давлению насыщенных паров в этом случае осуществляют косвенную оценку физической стабильности топлив при хранении.

С повышением температуры давление насыщенных паров и связанная с ним испаряемость топлив возрастает. При работе двигателей в условиях повышенной температуры окружающей среды нагрев деталей системы питания может достигать 65–85 °С, что может вызвать выделение растворенного воздуха из топлива и испарение легкокипящих фракций с образованием газожидкостной смеси с пониженной плотностью. Это вызовет снижение массовой производительности топливоподающего насоса, резкое обеднение смеси. При интенсивном выделении паро-воздушной фазы возможна ее концентрация с образованием паровых пробок, вызывающих полное прекращение подачи топлива.

Так как давление насыщенных паров зависит от температуры и соотношения газовой и жидкостной фаз, то стандартом предусматривается его определение при температуре 38 °С и соотношении объемов жидкой и газовой фаз 1:4. Существуют два метода определения давления насыщенных

паров по ГОСТ 6668–53 на приборе Валявского-Бударова и по ГОСТ 1756–52 в специальной металлической бомбе.

В лабораторной работе рассмотрен метод определения давления насыщенных паров по ГОСТ 1756–52, как наиболее полно раскрывающий физический смысл протекающих при проведении опыта процессов [2].

3.3. Аппаратура, реактивы, материалы

Для выполнения лабораторной работы необходимы: прибор для определения давления насыщенных паров топлива, холодильный шкаф или ледяная баня, секундомер, образцы испытуемого топлива.

Схема прибора для определения давления насыщенных паров топлива ЛДП-2 приведена на рис. 3.1.

Прибор для определения давления насыщенных паров топлива состоит из топливной 1 и воздушной 2 металлических камер цилиндрической формы, соединенных между собой резьбой. Воздушная камера, предназначенная для паровой фазы, соединена при помощи резиновой трубки и пружинного зажима (крана) 5 с манометром 6. При проведении опытов прибор помещается в водяную баню 3, соединенную двумя шлангами 7 с термостатом 8. Заданная температура воды поддерживается термостатом и контролируется по ртутному термометру 4, погруженному в баню до отметки 37 °С, с пределами измерений от 0 до 50 °С и ценой деления шкалы 0,1 градуса. На позиции 9 показана схема заполнения топливной камеры.

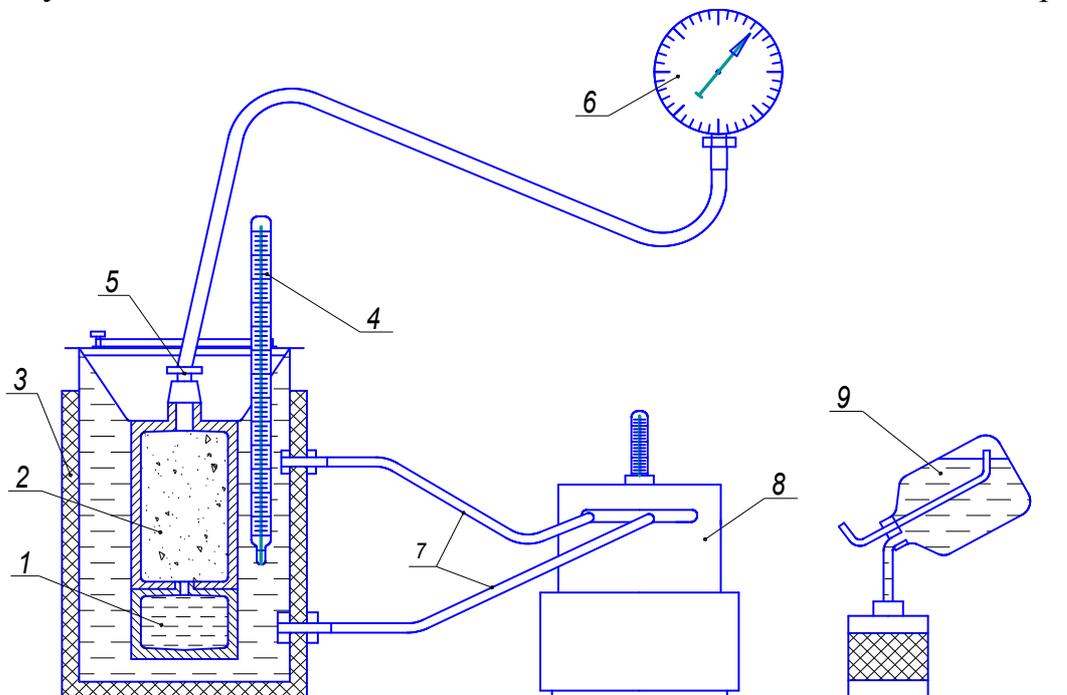


Рис. 3.1. Схема прибора: 1 – топливная камера; 2 – воздушная камера; 3 – водяная баня; 4 – термометр; 5 – пружинный зажим; 6 – манометр; 7 – шланги; 8 – термостат; 9 – схема заполнения топливной камеры

3.4. Порядок выполнения работы

1. Нижнюю камеру прибора (бомбы) и пробу топлива охладить в холодильнике до температуры $0 \dots -4$ °С.
2. В верхнюю камеру прибора установить термометр и определить начальную температуру воздуха (для последующего уточнения величины давления насыщенных паров).
3. Закрывать кран или пережать шланг зажимом.
4. Заполнить полностью нижнюю камеру охлажденным топливом (130 мл), согласно позиции 9 рис. 3.1.
5. Плотно соединить обе камеры при помощи резьбы и уплотнительной прокладки. Прибор готов к проведению опыта. При помощи резиновой трубки он герметично соединяется с манометром. Для измерения давления кран (зажим 5) открывают, при встряхивании прибора (перевод бензина в парообразное состояние) закрывают.
6. Прибор в собранном виде опрокидывают (бензин сверху), несколько раз сильно встряхивают и погружают в термостат с постоянной температурой 38 °С. Уровень нагреваемой жидкости должен быть выше крана (зажима).
7. После погружения прибора кран открывают и через 5 мин записывают показания манометра. Далее прибор опрокидывают и снова встряхивают, опускают в термостат, открывают кран и через 5 мин фиксируют давление.

Примечание. Указанные выше операции повторяют до тех пор, пока показания давления по манометру не стабилизируются. При стабилизации давления достигается термодинамическое равновесие, когда бензин не испаряется, а пар не конденсируется. Стабилизированное давление в данном опыте и есть *давление насыщенных паров бензина*.

3.5. Обработка результатов

Для учета давления воздуха и паров топлива, находящихся при сборке в воздушной камере, в показания манометра вносят поправку по формуле:

$$P_s = P + \Delta P, \quad (3.1)$$

где P_s – действительное давление насыщенных паров, мм рт. ст.;

P – давление, определенное по манометру, мм рт. ст.;

ΔP – поправка (принимается из таблицы 3.1).

В таблице 3.1 приведены значения поправки ΔP для различных значений температуры воздуха в верхней камере прибора и атмосферного давления.

Поправка ΔP для вычисления давления насыщенных паров нефтепродуктов

Температура, °С	Атмосферное давление, мм рт. ст..				
	ΔP , мм рт. ст..				
	770	760	750	740	730
10	116	115	114	113	112
12	109	108	107	106	105
14	101	100	99	99	98
16	94	93	92	91	91
18	86	85	85	84	83
20	78	78	77	77	76
22	70	70	69	69	68
24	63	62	63	61	61
26	55	54	54	53	53
28	47	46	45	45	45
30	38	37	37	37	36

3.6. Содержание отчета

1. Название, цель и задачи лабораторной работы.
2. Схема прибора для определения давления насыщенных паров, его описание.
3. Методика определения давления насыщенных паров.
4. Результаты опытов определения класса бензина по испаряемости.
5. Выводы по работе.

3.7. Контрольные вопросы

1. Что называется давлением насыщенных паров?
2. Какая связь между испаряемостью топлив и давлением насыщенных паров?
3. От каких факторов зависит величина давления насыщенных паров?
4. Может ли давление насыщенных паров быть использовано в качестве косвенного показателя стабильности и пожарной опасности топлив?
5. Как влияет давление насыщенных паров на склонность топлив к образованию паровых пробок, и какую опасность представляют последние?
6. Какие существуют методы определения давления насыщенных паров?
7. Какое влияние оказывает давление насыщенных паров на пусковые свойства топлив?

Лабораторная работа №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

4.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Моторные топлива». В результате исследования нефтепродукта по плотности и вязкости необходимо определить вид топлива и дать заключение о его качестве.

Приобретение навыков и умения при определении плотности и вязкости бензинов и дизельных топлив.

4.2. Общие сведения

Плотность и вязкость нефтепродуктов являются важными параметрами, характеризующими их эксплуатационные свойства. От них зависит качество распыливания и полнота сгорания топлива, надежность смазки трущихся поверхностей.

Плотность – это физическая величина, характеризующая массу вещества m , содержащуюся в единице объема V .

$$\rho = m / V. \quad (4.1)$$

Она обозначается ρ и имеет размерность в системе СИ – $\text{кг}/\text{м}^3$, в системе СГС – $\text{г}/\text{см}^3$. Определяется плотность с помощью нефтенсиметров или ареометров по ГОСТ 3900–47.

Вязкость – это свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной частицы относительно другой.

Различают абсолютную (динамическую и кинематическую) и условную вязкости.

Динамическая вязкость μ представляет собой коэффициент внутреннего трения, равный по величине отношению силы трения, действующей на поверхность жидкости при градиенте скорости, равном единице, к площади этого слоя.

В системе СИ динамическая вязкость измеряется в $(\text{Н}/\text{м}^2)\cdot\text{с}$ или Па·с (Паскаль-секунда) – это вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1 м^2 , находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и перемещающихся относительно друг друга со скоростью $1 \text{ м}/\text{с}$, с силой в 1 Н .

Кинематической вязкостью ν_t называется коэффициент внутреннего трения или отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности при температуре t :

$$\nu_t = \mu / \rho. \quad (4.2)$$

Измеряется кинематическая вязкость в системе СИ в $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, в системе СГС в стоксах (Ст) или сантистоксах (сСт):

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}, 1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Условная вязкость – величина безразмерная, показывающая, во сколько раз вязкость нефтепродукта больше или меньше вязкости дистиллированной воды при 20 °С. Условную вязкость выражают в градусах условной вязкости, °УВ_t.

В ГОСТах на нефтепродукты широкое применение получила кинематическая вязкость. Она определяется по ГОСТ 33–82 с помощью стеклянных капиллярных вискозиметров (ГОСТ 10028–81). Динамическая вязкость используется при расчете сил трения, например, в подшипниках скольжения.

При большой вязкости нефтепродуктов затрудняется их прокачиваемость по трубопроводам и магистралям, через фильтры. Всё это ухудшает подвод масел к трущимся поверхностям и создает большие сопротивления при работе узлов, приводящие к снижению КПД механизмов. Также повышение вязкости топлив приводит к плохому распыливанию его при впрыске.

При использовании нефтепродуктов с малой вязкостью ухудшаются смазочные свойства масел и дизельных топлив, в результате чего возрастает износ топливной аппаратуры дизелей, увеличивается подтекание топлива через форсунки и зазоры в плунжерных парах, затрудняется обеспечение условий жидкостного трения в подшипниках скольжения.

Вязкость и плотность жидкостей существенно зависят от температуры. При ее увеличении вязкость и плотность снижаются, при уменьшении – возрастают вплоть до полной потери подвижности. Свойство нефтепродуктов изменять свою вязкость при различных температурах называется *вязкостно-температурным свойством*. Поскольку нефтепродукты, а особенно моторные и трансмиссионные масла работают в широком диапазоне температур, необходимо, чтобы они обладали достаточной вязкостью, обеспечивающей надежность масляного слоя при рабочих температурах (100 °С), а при низких имели достаточную подвижность.

Существующими ГОСТами устанавливаются плотность и вязкость дизельных топлив при 20 °С, кинематическая вязкость моторных и трансмиссионных масел при 100 °С, вязкостно-температурные свойства масел по максимально допустимому отношению кинематической вязкости при 50 °С к кинематической вязкости при 100 °С. Для зимних сортов масел – $v_{50}/v_{100} \leq 4$, для летних – $v_{50}/v_{100} \leq 6$.

Значения кинематической вязкости и плотности нефтепродуктов также используются в расчетах топливных и масляных систем, при пересчете нефтепродуктов из весовых единиц в объемные, для учета при транспортировке и при заправке баков.

4.3. Приборы и принадлежности

Набор нефтенсиметров (ареометров) по ГОСТ 1289–76, цилиндры стеклянные, термометр ртутный с ценой деления 1 °С, вискозиметры капиллярные ВПЖ-2 или ВПЖ-4 по ГОСТ 10028–81, штатив, баня для вискозиметра, термостат, секундомер, резиновая груша, образцы нефтепродуктов. Ареометр и нефтенсиметр это приборы для измерения плотности (αgios. греч. неплотный, жидкий, densus, лат. плотный, густой).

4.4. Определение плотности

В стеклянный цилиндр, установленный на прочный горизонтальный стол, осторожно наливают испытуемый нефтепродукт, температура которого не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на ± 5 °С. В нефтепродукт медленно и осторожно опускают чистый и сухой ареометр, держа его за верхний конец, до момента его свободной плавучести (рис. 4.1). Отсчет показаний производится по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска.

Температуру нефтепродукта устанавливают или по термометру нефтенсиметра (ареометра) или измеряют дополнительным термометром.

Обработка результатов. Если температура нефтепродукта в момент определения плотности отличалась от установленной, необходимо ввести температурную поправку. Тогда плотность при 20 °С определяется по формуле

$$\rho_{20} = \rho_t + \kappa (t - 20), \quad (4.3)$$

где ρ_{20} и ρ_t – плотность нефтепродукта при 20 °С и при температуре измерения;
 κ – температурная поправка плотности;
 t – температура испытаний, °С.

Среднее значение температурных поправок на плотность нефтепродуктов приведены в таблице 4.1.

Плотность бензинов стандартами не нормируется. Она используется для ориентировочной оценки вида топлива, при пересчете нефтепродуктов из весовых единиц в объемные, для обеспечения их учета при транспортировках и отпуске при заправке в бак. Плотность основных нефтепродуктов при 20 °С может лежать в следующих пределах:

1. Бензины – 700–780 кг/м³.
2. Дизельные топлива – 830–860 кг/м³.
3. Моторные масла – 900–910 кг/м³.

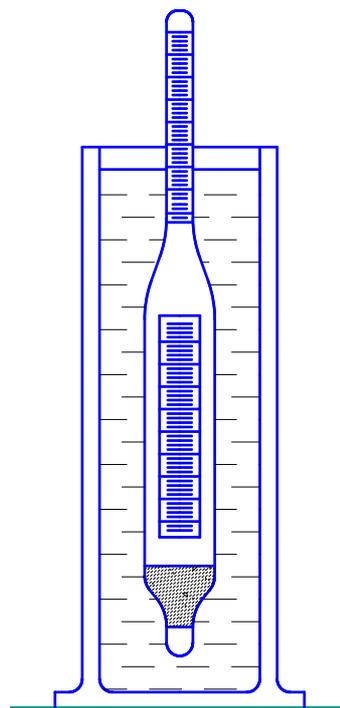


Рис. 4.1. Определение плотности жидкости ареометром

Таблица 4.1

Температурные поправки к плотности нефтепродуктов

Плотность топлива ρ_{20} , кг/м ³	Поправка к
710 – 720	0,884
720– 730	0,870
730 – 740	0,857
740 – 750	0,844
750– 760	0,831
760– 770	0,818
770 – 780	0,805
780 – 790	0,793
790 – 800	0,778
800 – 810	0,765
810 – 820	0,752
820 – 830	0,738
830 – 840	0,725
840 – 850	0,712
850 – 860	0,699
860 – 870	0,686
870 – 880	0,673
880 – 890	0,660
890 – 900	0,647
900 – 910	0,633
910 – 920	0,620
920– 930	0,607

4.5. Определение кинематической и динамической вязкости

Кинематическая вязкость обычно определяется при помощи стеклянных капиллярных вискозиметров ВПЖТ-2, ВПЖТ-4 ГОСТ 10028-81. Метод определения основан на том, что вязкость жидкостей прямо пропорциональна времени перетекания их одинаковых количеств через один и тот же капилляр, обеспечивающий ламинарное движение.

Вискозиметр представляет собой U-образную трубку, над капилляром 2 которого имеются две шарообразные калиброванные емкости 1, между которыми нанесена первая метка M_1 (кольцо). Выше капилляра нанесена вторая метка M_2 . На колене 3 (внизу) выполнена емкость для нагрева нефтепродукта (рис. 4.2).

Для определения вязкости нефтепродукт наливают в стаканчик. Надев на отводной отросток 4 резиновый шланг с грушей, вискозиметр поворачивают и опускают его узкое колено в стаканчик с нефтепродуктом. Большим указательным пальцем правой руки зажимают отверстие широкой трубки 5 и грушей засасывают нефтепродукт до нижней метки так, чтобы он заполнил внутреннюю полость без пузырьков воздуха. После этого вискозиметр вынимают из стаканчика и быстро возвращают в нормальное положение.

Вискозиметр помещают в термостат, медленно засасывают нефтепродукт на 5 мм выше верхней отметки, следя за тем, чтобы не образовались пузырьки воздуха.

Снимают резиновый шланг с грушей и наблюдают за перетеканием нефтепродукта. Когда его уровень достигнет первой метки M_1 , включают секундомер, а выключают – после достижения второй метки M_2 . Показания секундомера записывают в журнал. При правильно подобранном вискозиметре время истечения нефтепродукта должно составить не менее 200 с. Опыт повторяют три раза. Результаты отдельных замеров не должны отличаться от среднего значения более чем на 5 %.

Обработка результатов опыта. Кинематическая вязкость исследуемого нефтепродукта определяется по формуле

$$\nu_t = c \cdot \tau, \quad (4.4)$$

где c – постоянная вискозиметра, зависящая от геометрических размеров прибора, диаметр капилляра (постоянная вискозиметра, записанная в паспорте, $\text{мм}^2/\text{с}^2$);

τ – среднее время истечения нефтепродукта, от первой до второй меток, с.

Динамическая вязкость исследуемого нефтепродукта в Па·с вычисляется с использованием данных предыдущих замеров по формуле (4.2). В

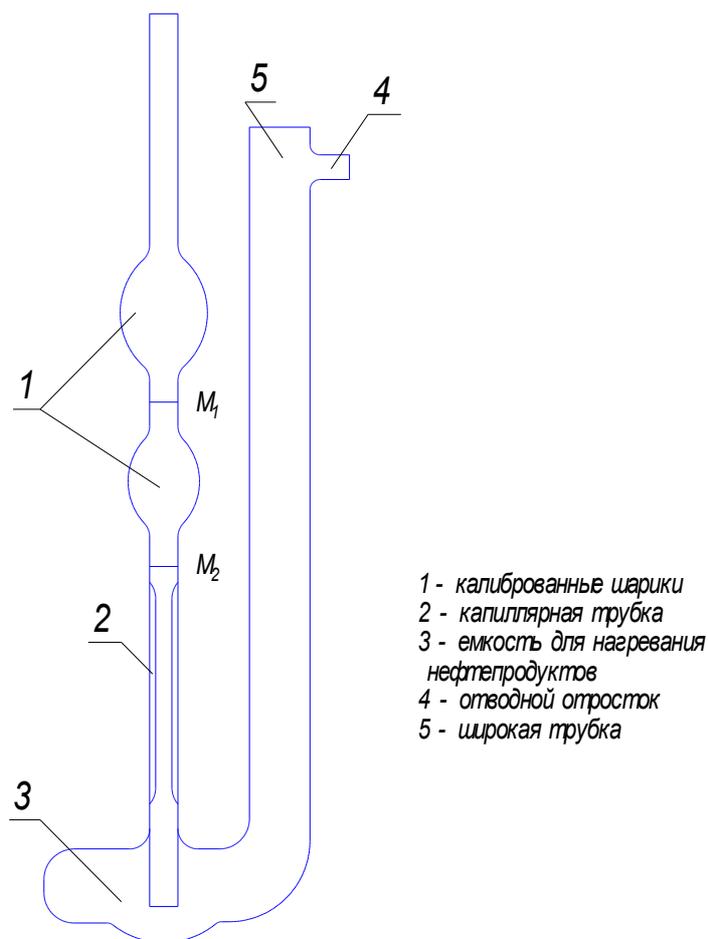


Рисунок 4.2. Вискозиметр капиллярный

формулу подставляются данные кинематической вязкости и плотности нефтепродукта при исследуемой температуре t . Кинематическая вязкость бензинов меньше $1 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт), а у дизельных топлив – 2–6 сСт.

4.6. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы.
2. Перечень приборов, материалов.
3. Определение плотности, вязкости, единицы величины.
4. Чертеж капиллярного вискозиметра, методика определения кинематической вязкости.
5. Результаты анализа вязкости и плотности нефтепродуктов, выводы по работе.

4.7. Контрольные вопросы

1. Что называется плотностью нефтепродукта, для каких целей используется этот параметр?
2. Что представляет собой вязкость жидкости?
3. Кинематическая вязкость, единица величины, назначение?
4. Динамическая вязкость, единица величины, связь с кинематической вязкостью, методика определения?
5. Что называется условной вязкостью?
6. Устройство вискозиметра и порядок определения кинематической вязкости?
7. При каких температурах для различных нефтепродуктов стандартами нормируется кинематическая вязкость?
8. С какой целью определяют зависимость вязкости от температуры?

Лабораторная работа №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ СМОЛ И СЕРЫ В ТОПЛИВЕ

5.1. Цель и задачи лабораторной работы

Обучить студентов методике определения смол и серы, ухудшающих качество топлив. В результате исследования топлива оценить содержание серы, сопоставить с требованиями ГОСТа и сделать заключение.

Приобрести навыки оценки фактических смол в топливе с использованием часового (сферического) стекла, прибора определения серы ПОС-77 и наличия серы в дизельном топливе при помощи медной пластины.

5.2. Общие сведения

Содержащиеся в топливе непредельные углеводороды под действием различных факторов (температуры, кислорода, катализаторов, времени) легко окисляются, образуя различные окислы, органические кислоты, смолистые продукты и другие соединения. Чем хуже условия транспортировки и хранения топлива, тем больше образуется высокомолекулярных смолистых веществ, которые находятся в топливе не только в растворенном состоянии, но и выпадают из него в виде смолообразных масс.

Смолистые вещества осаждаются на стенках топливного бака, топливопроводов, топливного насоса, фильтров, карбюраторов, форсунок в виде плотно прилегающего коричневого слоя мажеобразной консистенции. Засорение фильтрующих элементов, дозирующих систем карбюратора и каналов форсунок нарушают нормальную работу двигателя.

Тяжелые углеводородные молекулы, входящие в состав смол, не могут испаряться. Они осаждаются на стенках впускного трубопровода и на клапанах, где под действием температуры, химических процессов, превращаются в твердые отложения. Слой смолистых отложений сокращает полезное сечение впускного канала, в результате чего ухудшается наполнение цилиндров. Кроме этого, ухудшаются условия подвода теплоты к рабочей смеси и, тем самым, ухудшается испарение топлива. Отложения нагара на клапанах может привести к их зависанию.

При длительной работе двигателя на бензинах с большим содержанием смол замечено увеличение нагарообразования на стенках камеры сгорания. В дизельных двигателях смолистые вещества способствуют закоксовыванию отверстий распылителей форсунок, что ухудшает распыление топлива, снижает его цикловую подачу, а иногда и прекращает подачу топлива. Нагарообразование в камере сгорания ведет к перегреву двигателя, снижению его мощности и экономичности.

Увеличение смол в топливе ухудшает полноту сгорания последнего, снижает детонационную стойкость, а накапливающиеся вместе со смолами

органические кислоты повышают коррозионность. Количество смолообразующих веществ в топливе зависит от химического состава сырья, способов его переработки и качества очистки. Наибольшее количество непредельных углеводородов содержится в нефтепродуктах, полученных при термическом крекинге тяжелого сырья.

Чем больше в топливе непредельных углеводородов, тем хуже его стабильность, тем больше в нём образуется смол. Процесс образования смол (окисления) ускоряется в не полностью залитой ёмкости, так как поверхность контакта топлива с воздухом увеличивается. При повышении температуры смолообразование ускоряется.

По ГОСТу фактические смолы оцениваются количеством миллиграммов (0,001 г) смол, содержащихся в 100 мл (см^3) топлива. Это те смолы, которые имеются в топливе в момент определения (фактические).

Для оценки склонности топлив к смолообразованию применяют метод определения фактических смол, в основу которого положен принцип испарения топлива с последующим определением количества неиспарившегося остатка. Испарение проводится при повышенной температуре водяного пара (ГОСТ 8489–85). Продукты реакций окисления, полимеризации и конденсации углеводородных и не углеводородных соединений, содержащихся в топливе и оставшихся в стаканчике после испарения топлива в стандартных условиях, называются *фактическими смолами*. Допустимое содержание фактических смол для дизельного топлива – 40 мг, бензина – 5 мг на 100 см^3 .

Наличие серы в топливах нежелательно. Элементарная сера, меркаптаны, сероводород условно называют активной серой, которая вызывает коррозию цветных и черных металлов. Присутствие активной серы в топливе можно определить при помощи медной пластинки. Пластинку, опущенную в топливо, кипятят в воде 18 минут и по изменению цвета судят о допустимом содержании активной серы. Полностью удалить серу из топлива невозможно, так как это требует больших затрат. При сгорании сернистых топлив образуется серный SO_3 и сернистый SO_2 ангидриды. Соединяясь с парами воды, они образуют серную H_2SO_4 и сернистую H_2SO_3 кислоты, вызывающие коррозию.

По ГОСТ Р 51105–97 массовая доля серы в процентах не должна быть более 0,05 для бензинов и по ГОСТ 305–82 не более 0,5 для дизельных топлив.

5.3. Оборудование, реактивы, материалы

Для выполнения лабораторной работы необходимо: 1) прибор ПОС-77; 2) аналитические весы; 3) термометр; 4) щипцы тигельные; 5) стаканы; 6) сферическое стекло, медная пластинка, колба с холодильником, образцы топлив.

Схема прибора ПОС-77 для определения фактических смол в топливе по ГОСТ 8485–58 приведена на рис. 5.1.

Внутри металлического каркаса прибора установлен термостат 1, в нижнюю часть которого вмонтированы нагреватель и датчик температуры. В термостате имеются четыре кармана для установки стаканов: два для испытуемого топлива 5 и два для дистиллированной воды 2. Таким образом, прибор позволяет проводить два параллельных испытания. Карманы плотно закрываются крышками 3.

Для нагрева водяного пара имеются полости (пароперегреватели), а для контрольного термометра 4 – установочное гнездо. Внутри термостата имеется система каналов для входа водяных паров в стаканы с топливом и выхода паров топлива в холодильник 7.

В нижней части холодильника имеется трубка 8 для слива конденсата и отверстие с пробкой 9 для удаления осадочных продуктов, а сверху – штуцер 6 для сообщения с атмосферой.

Водяной пар, образующийся в карманах термостата, где помещаются стаканы с водой, поступает по каналам в пароперегреватели, а затем, через ниппели, движется по каналам в крышки и стаканы с топливом, откуда вместе с парами топлива выходит в паропровод и далее в холодильник. Температура термостата поддерживается постоянной с помощью автоматического устройства.

Более подробно конструкция прибора ПОС-77 представлена на рис. 5.2.

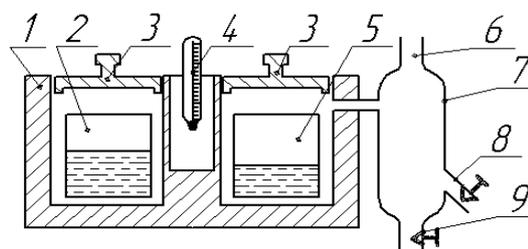


Рис. 5.1. Схема прибора ПОС-77:
1 – термостат; 2 – карман для воды;
3 – крышка; 4 – установочное гнездо;
5 – карман для испытуемого топлива;
6 – штуцер; 7 – холодильник; 8 –
трубка; 9 – пробка

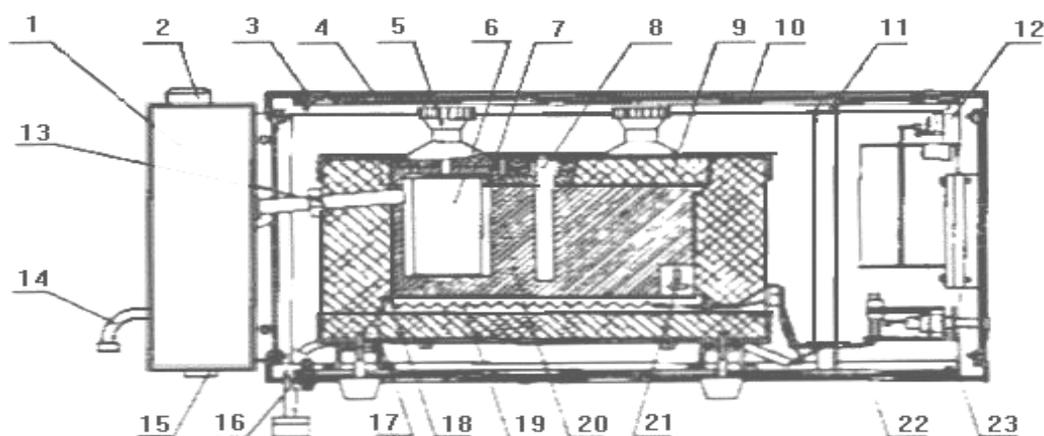


Рис. 5.2. Прибор ПОС-77: 1 – холодильник; 2 – штуцер для сообщения с атмосферой; 3 – винты для крепления крышки; 4 – каркас; 5 – крышка кармана термостата; 6 – стакан; 7 – карман; 8 – гнездо для термометра; 9, 17 – крышки с изоляцией термостата; 10, 11 – крышки (съемные верхние); 12 – предохранитель; 13 – накидная гайка; 14, 20 – трубки для слива конденсата; 15 – отверстие с пробкой для удаления осадочных продуктов; 16 – клемма заземления; 18 – корпус нагревателя; 19, 20 – термостат; 21 – датчик температуры; 22 – крышка (съемная нижняя); 23 – электронный терморегулятор.

5.4. Порядок выполнения работы

С помощью кнопочного переключателя на панели прибора устанавливается нужный температурный режим. При определении фактических смол в бензине температура в термостате должна быть 160 °С, для керосина 180 °С, для дизельных топлив 225 °С. Испытания можно начинать, когда термостат будет прогрет до заданной температуры (в этот момент лампочка индикатора гаснет). Отмеряют измерительным цилиндром или пипеткой дистиллированную воду и наливают ее в два стакана в следующих количествах: при испытании бензинов – 25 мл, дизельных топлив – 60 мл.

На аналитических весах с точностью до 0,0001 г взвешивается два сухих и чистых стакана для топлива. Подлежащее испытанию топливо профильтровывают через бумажный фильтр. Отмеряют измерительным цилиндром или пипеткой 25 мл испытуемого бензина или 10 мл дизельного топлива. Выливают топливо в стаканы и помещают в термостат. Карманы со стаканами с топливом осторожно и плотно закрывают крышками. Немедленно после этого стаканы с водой ставят в карманы и также плотно закрывают крышками. Ручкой запуска (вправо) включают сигнальные часы на время продолжительности испытаний. Спустя 60 мин открывают крышки карманов и через 2 мин щипцами вынимают из карманов стаканы со смолами. Стаканы охлаждают и взвешивают с точностью до 0,0001 г.

5.5. Обработка результатов опытов

Масса чистого стакана со смолой переводится в миллиграммы. Содержание фактических смол (мг/100 мл) определяются по выражению

$$\text{Фак. см.} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{V}, \quad (5.1)$$

где m_1 – масса чистого, сухого стакана, мг;

m_2 – масса стакана со смолами, мг;

V – объем топлива, налитого в стакан для испытания, мл.

Содержание фактических смол в испытуемом топливе вычисляется как среднее арифметическое двух параллельных испытаний.

5.6. Определение содержания фактических смол простейшим методом

Исследуемое топливо в количестве 1 мл (бензин в чистом виде, а дизельное топливо в смеси с очищенным бензином) наносят на сферическое стекло диаметром 50–60 мм. Топливо поджигается и должно полностью выгореть. По остатку на стекле определяется содержание фактических смол в топливе.

Бензины, не содержащие смол, оставляют на стекле слабозаметное небольшое беловатое пятно. Если в топливе содержатся смолы, то на стекле остаются кольца желтого или коричневого цвета.

Чем больше смол содержится в топливе, тем темнее пятно и больше его диаметр. Если в топливе содержится масло, то с наружной стороны колец остаются несгоревшие капельки. Измеряя диаметр пятна, используя данные таблицы 5.1, можно приблизительно определить количество фактических смол, содержащихся в 100 мл топлива.

Таблица 5.1

Зависимость количества смол от диаметра пятна нефтепродукта

Диаметр пятна, мм	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Количество смол, мг, содержащихся в 100 мл топлива	1	2	3	5	8	12	16	24	32	44

5.7. Определение наличия в топливе активной серы

Испытуемое топливо наливают на высоту 20–25 мм в коническую колбу 1 (рис. 5.3), в которой подвешивают на медной проволоке 2 тщательно отшлифованную пластинку 3 из электролитической меди так, чтобы пластинка была погружена приблизительно на половину ее высоты. Дотрагиваться руками до пластинки при подготовке ее и опускании в колбу нельзя. Колбу закрывают пробкой 4 с вмонтированным в нее холодильником 5, подключенным к проточной холодной воде, и опускают в кипящую водяную баню 6. Через 18 минут колбу вынимают из бани, медную пластинку извлекают и тщательно осматривают. Если на пластинке появились черные, бурые, коричневые, темно-коричневые, серо-стальные пятна и налет, то топливо считается не выдержавшим испытания и направляется на более точный контроль. При всех других изменениях цвета (появление розового оттенка и т.д.) или отсутствии изменения цвета пластинки – топливо считается выдержавшим испытания.

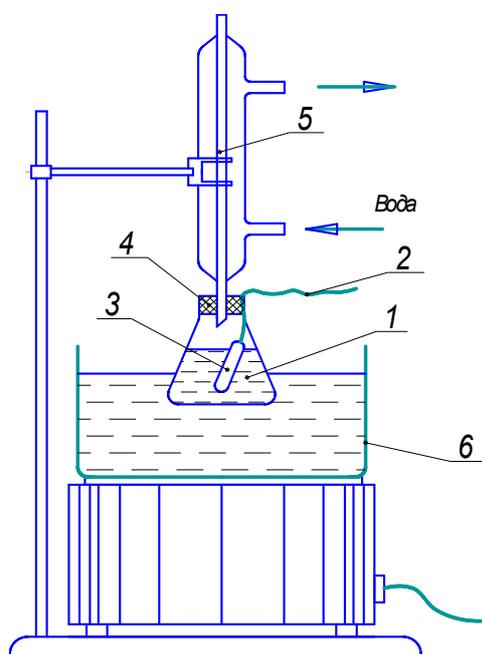


Рис. 5.3. Установка для испытания на присутствие активной серы в топливе при помощи медной пластинки: 1 – колба; 2 – медная проволока; 3 – медная пластинка; 4 – пробка; 5 – холодильник; 6 – водяная баня

Сделать выводы о присутствии активной серы и принять заключение о допуске топлива к использованию.

Содержание серы в бензинах по ГОСТ 2084–77 не более 0,1 % , а по ГОСТ Р 51105–97 не более 0,05 % , для дизельных топлив по ГОСТ 305–82 не более 0,2 % . Экологически чистые дизельные топлива допускают содержание серы не более 0,05 % (ТУ 38.1011348–90) .

Результаты содержания фактических смол в топливе, полученные с помощью установки ПОС-77 и простейшим методом, сравнивают между собой и с допустимыми значениями (ГОСТ 305–82). Для дизельного летнего топлива – 40 мг, зимнего и арктического – 30 мг на 100 см³; для бензинов не более 5 мг на 100 см³ .

5.8. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы.
2. Общие сведения о смолистых веществах и сернистых соединениях.
3. Схема прибора ПОС-77 с описанием устройства и методики определения фактических смол в топливе, описание методов определения сернистых соединений.
4. Результаты определения смол на приборе ПОС-77 и сернистых соединений.
5. Выводы по работе.

5.9. Контрольные вопросы

1. Что такое фактические смолы?
2. Как влияют смолистые вещества топлива на работу бензинового двигателя?
3. Как влияют смолистые вещества топлива на работу дизельного двигателя?
4. Какими методами можно определить содержание фактических смол в топливе?
5. Принцип действия и устройство прибора ПОС-77?
6. Какую опасность представляют сернистые соединения в нефтепродуктах?
7. Как определить присутствие серы в топливе при помощи медной пластинки?

Лабораторная работа №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

6.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Дизельные топлива». В результате исследования нефтепродукта определяется взрывоопасность и способность самовоспламенения.

Приобретение навыков по определению температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения дизельного топлива.

6.2. Общие сведения

Температурой вспышки нефтепродукта называется минимальная температура, при нагревании до которой над поверхностью образуется смесь его паров и воздуха, способная вспыхивать при поднесении открытого пламени. При этом скорость образования паров ещё не обеспечивает последующего горения.

Температура воспламенения – это минимальная температура топлива, при которой горючая смесь топлива с воздухом вспыхивает от постороннего пламени и продолжает гореть вследствие испарения топлива.

Температура самовоспламенения – это температура, при которой пары нагретого топлива, смешанные с воздухом, воспламеняются самостоятельно без постороннего источника пламени.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют пожарную опасность, а температура самовоспламенения – способность топлива самостоятельно воспламеняться в цилиндре дизеля.

Бензин наиболее опасное жидкое топливо в плане пожарной безопасности. Его пары от пламени могут вспыхнуть даже при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. По этой причине температура вспышки бензина не регламентируется ГОСТом.

В стандартах температуру вспышки нормируют для ограничения в нефтепродуктах количества фракций с более высоким давлением насыщенных паров. Этот показатель служит в основном для оценки пожарной опасности и потерь на испарение (фактическая стабильность), что весьма важно для правильной организации применения и хранения нефтепродуктов.

Существуют два способа определения температуры вспышки: в открытом тигле (ГОСТ 4333–48) и закрытом тигле (ГОСТ 6986–52). Принципиальным отличием способов является наличие крышки на тигле во втором способе. Это создает более благоприятные условия для концентрации паров испытуемого нефтепродукта и образования с воздухом горючей сме-

си. Температуры вспышки в открытом тигле выше на 20–25 °С, чем в закрытом.

Наличие замкнутого объема при испытании в закрытом тигле в большей степени соответствует условиям хранения нефтепродуктов и, естественно, его пожароопасности. Поэтому для нефтепродуктов с невысокой температурой вспышки стандартом предусмотрено определение температуры вспышки в закрытом тигле.

6.3. Аппаратура, реактивы, материалы

Для выполнения лабораторной работы необходимы: приборы для определения температуры вспышки, ухват для переноски тигля, реостат, секундомер, барометр, образцы испытуемых нефтепродуктов. Конструкция закрытых тиглей совершенствуется

и в последних вариантах не требуется реостат, так как система регулирования нагрева тигля расположена в общем корпусе прибора.

Прибор состоит из металлического кожуха 1 (рис. 6.1), объединенного с электронагревателем и заполненного асбестом. В прибор помещается тигель 2 с испытуемым нефтепродуктом. Тигель закрывается крышкой 3, на которой расположены: зажигательное устройство (фитиль, трубка с газом) 7, рычажное приспособление 4, открывающее окно в крышке и одновременно наклоняющее к нему пламя горелки, мешалка с гибким тросом 6 и термометр 5. Для регулирования интенсивности нагрева электрический нагреватель включается в сеть через реостат

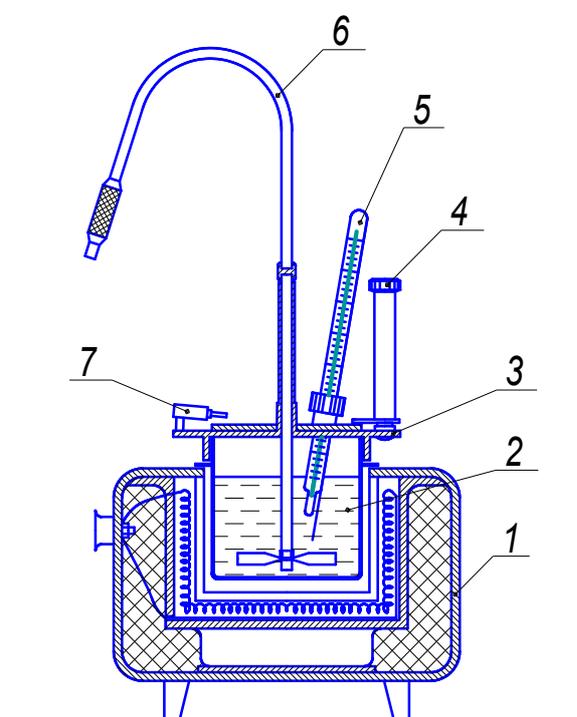


Рис. 6.1. Установка для определения температуры вспышки: 1 – кожух; 2 – тигель; 3 – крышка; 4 – рычаг; 5 – термометр; 6 – трос; 7 – зажигательное устройство

6.4. Порядок выполнения работы

1. Испытуемый нефтепродукт налить в тигель до кольцевой отметки. Тигель должен иметь температуру не менее, чем на 20 °С ниже предполагаемой температуры вспышки.

2. Установить тигель в прибор, закрыть крышкой. Электронагреватель включить через реостат в сеть, зажечь фитиль.

3. Установить скорость нагревания в зависимости от предполагаемой величины температуры вспышки нефтепродукта при периодическом перемешивании:

$t_{всп} \leq 50$ °С – скорость нагрева поддерживать 1 °С в мин;

при 50 °С < $t_{всп}$ < 150 °С скорость нагрева 5–8 °С в мин;

при $t_{всп} > 150$ °С скорость нагрева 10–12 °С в мин. При достижении температуры на 30 °С ниже ожидаемой, скорость нагрева не должна превышать 2 °С в мин.

Начало испытаний на вспышку проводить при температуре на 10 °С ниже ожидаемой $t_{всп}$ и повторять через каждый 1 °С для продуктов с $t_{всп} \leq 50$ °С и 2 °С с $t_{всп} > 50$ °С. В момент испытания на вспыхивание перемешивание не производить. Отверстие в крышке открывать не более чем на 1 с. Если вспышка не произошла, испытание продолжить. За температуру вспышки принять температуру, показываемую термометром при появлении синего пламени над поверхностью нефтепродукта. После получения первой вспышки нагревание продолжают до получения второй вспышки.

По барометру определить атмосферное давление.

6.5. Обработка результатов опытов

Полученное значение $t^*_{всп}$ привести к нормальному атмосферному давлению

$$t_{всп} = t^*_{всп} + \Delta t,$$

где Δt – поправка на атмосферное давление, °С принимается из таблицы 6.1.

Таблица 6.1

**Поправка на значение температуры вспышки топлива
в зависимости от атмосферного давления**

Атмосферное давление, мм рт. ст.	630–658	659–687	688–716	717–745	746–774	775–803
Поправка Δt , °С	4	3	2	1	0	-1

6.6. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы.
2. Общие сведения о воспламеняемости топлив.
3. Схема прибора, методика определения температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения.
4. Сравнение результатов анализа дизельного топлива с данными ГОСТа 305-82.
5. Выводы по работе.

6.7. Контрольные вопросы

1. Что называется температурой вспышки, воспламенения, самовоспламенения?
2. Изложите кратко методику проведения испытания нефтепродукта в закрытом тигле?
3. Какие существуют методы определения температуры вспышки?
4. Для каких целей определяется температура вспышки, воспламенения, самовоспламенения?
5. Какая связь между давлением насыщенных паров и температурой вспышки?
6. Можно ли по температуре вспышки судить о наличии в моторном масле топлива?
7. В каких пределах должны находиться температуры вспышки для дизельных топлив, бензинов, масел?

Лабораторная работа 7. ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

7.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Моторные масла». В результате исследования образца студент должен определить сорт и марку, дать заключение о качестве моторного масла.

Приобретение навыков по оценке качества моторного масла путем оценки изменения вязкости в зависимости от температуры, определения индекса вязкости, температуры вспышки, наличия воды и механических примесей.

7.2. Последовательность выполнения работы

1. Определить вязкость масла при 40, 50, 60, 80 и 100 °С.
2. Вычислить отношение вязкости при 50 °С к вязкости при 100 °С.
3. Определить индекс вязкости: по ГОСТу 25371–97.
4. Построить вязкостно-температурную характеристику масла.
5. Определить температуру вспышки в открытом тигле.
6. Определить содержание воды в масле.
7. Определить содержание механических примесей в масле.
8. По полученным значениям показателей качества дать заключение о пригодности масла к эксплуатации.

7.3. Оборудование и приборы

Вискозиметр, термостат VIS-T, открытый тигель.

7.4. Требования, предъявляемые к качеству масел

Надежная работа деталей двигателя и машины в целом обеспечивается применением качественных смазочных материалов. Основная функция, которую выполняют моторные масла, – это снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной плёнки. Одновременно к моторным маслам предъявляются следующие требования:

- бесперебойное поступление к трущимся деталям при любых режимах работы и температурных условиях;
- эффективный отвод тепла от трущихся деталей;
- удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;

- надёжная защита рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла, продуктов сгорания топлива, а также от атмосферной коррозии;
- уплотнение зазоров в сопряжениях деталей работающего двигателя (в первую очередь деталей цилиндропоршневой группы);
- высокая стабильность (минимальное изменение своих свойств в процессе применения и хранения),
- быть энергосберегающим, т.е. обеспечивать минимальный расход масла в двигателе, иметь большой срок службы до замены и снижать расход топлива.

Выполнение указанных функций моторных масел обеспечивается различными показателями их качества, из которых основными являются вязкость, содержание механических примесей и воды, диспергирующие (моющие) свойства, содержание водорастворимых кислот и щелочей, температура вспышки в открытом тигле. При эксплуатации моторных масел именно эти показатели изменяются наиболее интенсивно. Их периодический контроль позволяет повысить эксплуатационную надёжность двигателей внутреннего сгорания.

Контроль качества свежих масел осуществляется на основе показателей, регламентированных ГОСТами. Оценка свойств работавших масел производится на основе сравнения с установленными выбраковочными значениями.

Для определения показателей качества работающего масла обычно отбирают его пробу в количестве 200–250 мл и исследуют ее в лабораторных условиях. Наряду со стандартизованными методиками все большее распространение находят экспресс-методы оценки качества масел. Не требуя больших затрат времени и сложного оборудования, экспресс-анализ с достаточной точностью оценивает пригодность масла к дальнейшей эксплуатации.

Данные методические указания для ознакомления с основными, наиболее доступными лабораторными методами оценки качества масел и дают студентам практические навыки при дальнейшей работе на производстве.

7.5. Оценка степени изменения вязкости

В процессе работы происходит изменение вязкости масла. Это обусловлено протеканием двух противоположных процессов. Накопление в масле продуктов износа, окисления и полимеризации, а также испарение наиболее легкокипящих фракций вызывают увеличение вязкости. В то же время разжижение масла топливом и механическая деструкция загустителя уменьшают вязкость. Интенсивность этих процессов зависит от температурных условий, нагрузок в узлах трения, качества масла и топлива и других факторов. Значительное изменение вязкости может привести к сле-

дующим явлениям: повышенному износу пар трения, ухудшению запуска двигателя, потере подвижности масла в каналах системы смазки, плохому отводу тепла от рабочих поверхностей. Вот неполный перечень эксплуатационных факторов, зависящих от вязкости масла.

7.6. Определение кинематической вязкости масел

Кинематическая вязкость масел определяется в капиллярном вискозиметре по ГОСТ 33–82 подобно определению вязкости топлив. Различие имеется в температуре определения и диаметре капилляра используемых вискозиметров. В соответствии со стандартами на масла вязкость определяют при температуре 100, 40 и 50 °С и лишь для отдельных марок зимних масел предусмотрено дополнительное определение вязкости при минус 18 °С.

Капиллярные вискозиметры типа ВПЖ-4 (рис. 7.1) представляют собой стеклянную U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Диаметры капилляров могут быть различны (от 0,4 до 3,0 мм). При определении вязкости выбирают вискозиметр с таким диаметром капилляра, чтобы время перетекания масла при заданной температуре было в пределах 150÷300 с.

Над капилляром помещены два расширения объемом по 5 мл каждый. Между расширениями и над капилляром нанесены метки *А* и *Б*. На стенке расширения вискозиметра нанесены его номер и размер капилляра, которые соответствуют данным паспорта.

Основу метода определения кинематической вязкости с помощью вискозиметра составляет определение времени истечения через капилляр калиброванного объема жидкости. Вязкость определяют по методике, описанной в лабораторной работе №4.

Порядок измерения:

1. В широкое колено вискозиметра заливается масло так, чтобы нижнее расширение заполнилось на 3/4 своего объема.

2. Вискозиметр устанавливают в термостат с заданной температурой в строго вертикальное положение так, чтобы верхняя метка была ниже уровня воды или другого теплоносителя.

3. При помощи резиновой груши закачивают масло в узкое колено вискозиметра выше метки *А*, следя за тем, чтобы в капилляре и расширениях не образовались пузырьки воздуха.

4. Далее наблюдают за перетеканием масла. Когда уровень масла сравняется с верхней меткой, включают секундомер и останавливают его, когда уровень масла достигнет нижней метки.

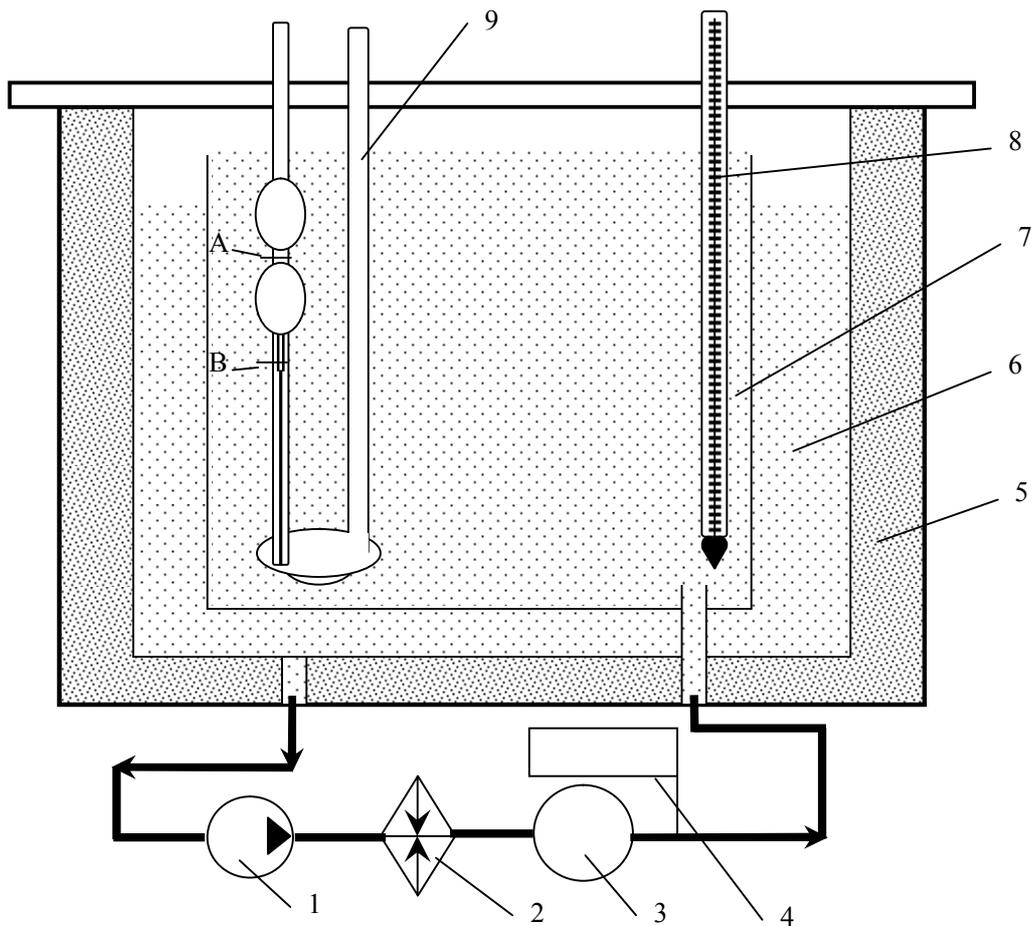


Рис. 7.1. Общий вид вискозиметра, установленного в водяном термостате:
 1 – насос центробежный; 2 – нагреватель; 3 – датчик температуры;
 4 – указатель температуры; 5 – теплоизоляция; 6 – нижняя ванна;
 7 – верхняя ванна; 8 – термометр; 9 – вискозиметр

5. Записав время, отмеченное секундомером, испытание повторяют. Находят среднее время перетекания масла от метки *A* до метки *B* в секундах.

6. Кинематическая вязкость рассчитывается по формуле

$$\nu = c \cdot t, \quad (7.1)$$

где ν – кинематическая вязкость масла, $\text{мм}^2/\text{с}$;

c – постоянная вискозиметра, приведённая в паспорте, $\text{мм}^2/\text{с}^2$;

t – среднее время истечения масла, с.

7. Провести измерения вязкости масла при 40, 50, 60, 80 и 100 °С. Результаты занести в табл. 7.1, по данным которой построить график зависимости $\nu = f(t)$ (рис. 7.2).

Таблица 7.1

Зависимость вязкости масла от температуры

Температура, °С	Время истечения, с			Среднее время истечения t , с	Вязкость масла ν , мм ² /с
	1 опыт	2 опыт	3 опыт		
40					
50					
60					
80					
100					

8. На основе найденных значений вязкости при 50 и 100 °С:

- а) вычисляют отношение ν_{50} / ν_{100} ;
- б) находят по номограмме индекс вязкости;

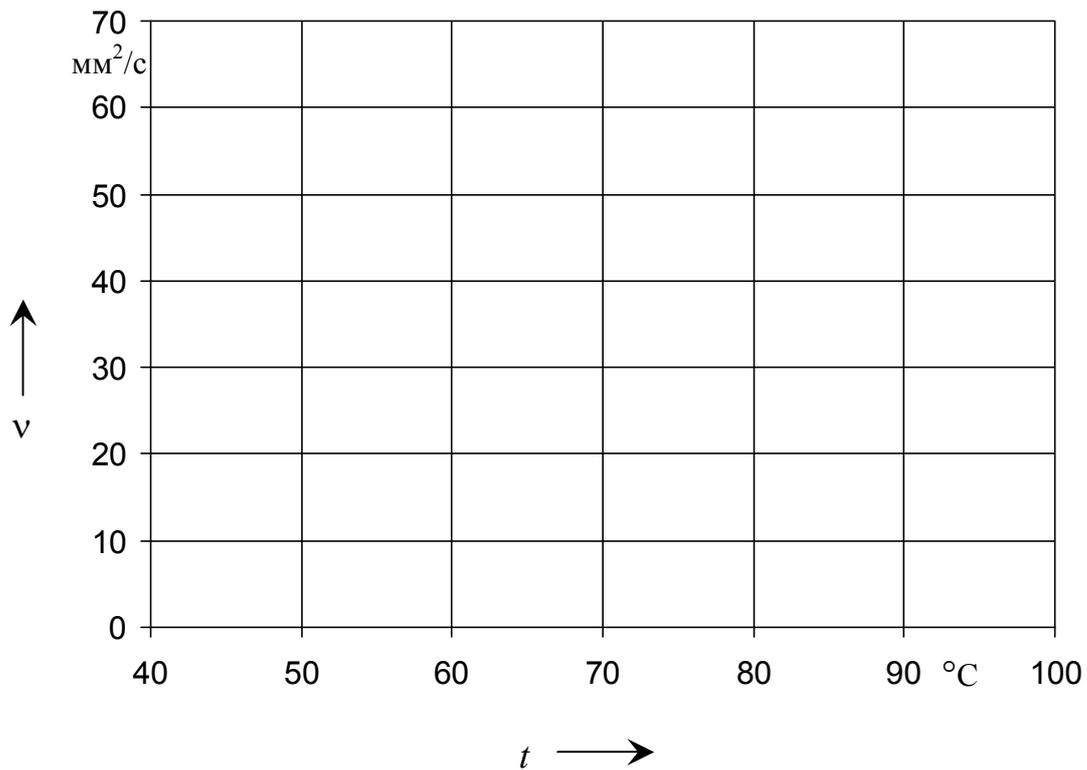


Рис. 7.2. Вязкостно-температурная характеристика масла

7.7. Оценка результатов опыта

Полученные значения вязкости и вязкостно-температурных свойств можно оценить на основе следующих оценочных параметров.

7.7.1. Кинематическая вязкость при 100 °С

Температуру масла при 100 °С принято считать рабочей, т.к. это средняя температура в двигателе (картере, системе смазки). Вязкость масел при этой температуре включена в их маркировку. Значение вязкости при 100 °С сравнивают с требованиями ГОСТа (табл. 7.5, 7.6). При несоответствии вязкости масла значениям ГОСТа оценка его пригодности к дальнейшей эксплуатации проводится в соответствии с выбраковочными показателями. Снижение вязкости допускается на 25 %, повышение на 35 %.

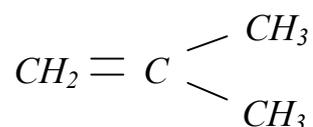
7.7.2. Отношение кинематических вязкостей ν_{50}/ν_{100}

Этот простой и надёжный параметр характеризует крутизну вязкостно-температурной кривой в диапазоне температур прогретого масла. Для моторных масел, применяемых летом или в условиях жаркого климата, $\nu_{50}/\nu_{100} \leq 6$, для масел, предназначенных к применению зимой и особенно в северных районах, $\nu_{50}/\nu_{100} \leq 4$.

7.8. Индекс вязкости

Индекс вязкости (ИВ) – это условный показатель, характеризующий степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и оценивающий крутизну вязкостно-температурной кривой. Чем выше ИВ, тем более пологой кривой характеризуется масло и тем лучше оно для зимней эксплуатации. Чаще всего ИВ определяют по номограмме или расчетным путем, зная значения вязкости исследуемого масла при 40 и 100 °С. Для автомобильных масел ИВ должен быть не менее 90, а для зимних условий эксплуатации – 120.

Лучшие моторные масла при зимней эксплуатации двигателя должны иметь пологую характеристику зависимости вязкости от температуры, то есть вязкость должна незначительно изменяться от температуры. При кинематической вязкости масла более 3000 сСт ($\text{мм}^2/\text{с}$) запуск двигателя затрудняется. Для снижения зависимости вязкости от температуры в него добавляют присадку (3–4 %), например, полиизобутилена. Полиизобутилен получают полимеризацией изобутилена в присутствии катализаторов. Формула изобутилена приведена ниже.



Полиизобутилен изменяет форму в зависимости от температуры. При высокой температуре молекулы вытягиваются в длинные нитевидные цепочки,

повышая вязкость. При снижении температуры молекулы полиизобутилена находятся в масле в виде компактных клубков, снижая трение и вязкость.

Согласно ГОСТ 53371–97 «Нефтепродукты, метод расчёта индекса вязкости» индекс вязкости определяют следующим образом. У исследуемого масла, например, М4_з/10Г₁ (SAE 10W30) определяется вязкость в диапазоне температуры от 40 до 100 °С. При 100 °С кинематическая вязкость должна быть примерно 10 сСт. По таблице 1 ГОСТа [6] находим, что для исходной вязкости 10 сСт, при температуре 40 °С вязкость для эталонного масла с крутой характеристикой с ИВ=0 равна 147 сСт, а для эталонного масла с пологой характеристикой (ИВ=100) вязкость равна 83 сСт. При температуре 40 °С вязкость исследуемого масла, для которого определяется ИВ, определена опытным путём и составила 63 сСт. Индекс вязкости определяется по формуле

$$\text{ИВ} = \frac{v_2 - v_1}{v_2 - v_3} \cdot 100, \quad (7.2)$$

где v_1 – кинематическая вязкость при 40 °С исследуемого масла;
 v_2 – кинематическая вязкость при 40 °С эталонного масла с ИВ = 0;
 v_3 – кинематическая вязкость при 40 °С эталонного масла с ИВ = 100.
Для нашего примера

$$\text{ИВ} = \frac{147 - 63}{147 - 83} \cdot 100 = 133.$$

Величина ИВ может быть определена по номограмме. Для этого нужно знать вязкость исследуемого масла при 50 и 100 °С. Для масла М4_з/10Г₁ вязкость при 50 и 100 °С составила 43 и 10 сСт. Чтобы определить ИВ моторного масла по номограмме, необходимо восстановить перпендикуляры от известных значений вязкости при 50 и 100 °С, и точка пересечения с наклонной прямой на номограмме покажет ИВ для данного масла. По номограмме ИВ=130.

Для легкого запуска двигателя при отрицательных температурах (ниже –20 °С) ИВ должен быть не менее 120.

7.9. Определение температуры вспышки

Температура вспышки – это косвенный параметр, оценивающий фракционный состав масла. По температуре вспышки можно судить о наличии в масле легкоиспаряющихся фракций, а также о разбавлении масла топливом.

Температурой вспышки называют минимальную температуру, до которой необходимо нагреть масло, чтобы его пары образовали с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении пламени. Чем ниже эта температура, тем больше в масле низкокипящих углеводородов, тем более склонно

оно при повышенных температурах к испарению и, следовательно, тем больше будет его расход (угар).

Температура вспышки автомобильных масел должна находиться в пределах 190–220 °С. Лучшие масла имеют более высокую температуру вспышки.

Резкое снижение температуры вспышки работавшего масла свидетельствует о наличии в нем топлива. Это может произойти по ряду причин: вследствие конденсации продуктов неполного сгорания топлива, поступающих в картерное пространство с прорывающимися газами; из-за повышенного износа цилиндропоршневой группы, отсутствие искры в одном из цилиндров, трещины в диафрагме бензонасоса.

Попадая в масло, топливо оказывает преимущественное влияние на процесс накопления в масле различных органических отложений (продукты неполного сгорания топлива), соединений серы и свинца; ухудшает тепловой режим, подвод масла к узлам трения, повышает износ деталей двигателя.

Температуру вспышки масел определяют с использованием прибора с открытым тиглем (нем. горшок). Прибор состоит (рис. 7.3) из металлического тигля, помещённого в песчаную баню, обогреваемую электрическим нагревателем.

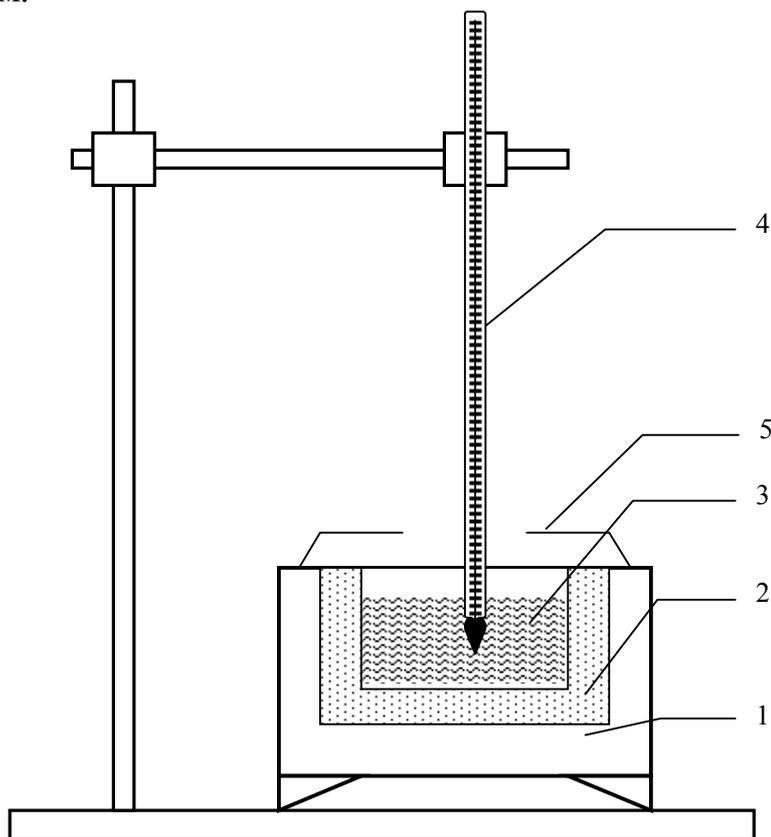


Рис. 7.3. Прибор с открытым тиглем для определения температуры вспышки масла: 1 – электрический нагреватель; 2 – прокалённый песок; 3 – тигель с маслом; 4 – термометр; 5 – щиток

7.10. Порядок проведения испытания

1. В тигель наливают масло, не доливая до верхнего края 10–12 мм.
2. Тигель с маслом погружают в песок так, чтобы уровни песка и масла были на равной высоте.
3. Термометр помещают в тигель так, чтобы ртутный шарик оказался в центре залитого масла.
4. Для уменьшения рассеивания паров масла и удобства наблюдения за вспышкой прибор загораживают щитком.
5. Включают нагреватель. Примерно за 10–15 °С до ожидаемой температуры вспышки, когда над маслом начинают появляться пары, к поверхности его подносят пламя зажигалки и медленно проводят им над поверхностью масла. Время продвижения пламени от одной стороны тигля до другой 2–3 с.
6. Эту операцию повторяют через каждые 2 °С подъема температуры до тех пор, пока над частью или над всей поверхностью масла не появится небольшое синее, исчезающее пламя.
7. Температуру, показываемую в этот момент термометром, фиксируют как температуру вспышки масла. Определяемая температура вспышки не должна быть ниже на 20 °С с учетом данных табл.7.5, 7.6.

7.11. Оценка обводненности масла по характеру горения фильтровальной бумаги, пропитанной работавшим маслом

Определение наличия воды в работавшем масле производят в следующем порядке:

- тщательно перемешивают пробу масла;
- берут листок фильтровальной бумаги, пропитывают его работавшим маслом и поджигают;
- дают оценку характеру горения факела;
- по табл. 7.2 определяют степень обводнения масла;
- оценка работоспособности масла осуществляется в соответствии с выбраковочными показателями. Содержание воды допускается не более 0,5 %.

Таблица 7.2

Оценка обводненности масла от характера горения факела

Характер горения факела	Обводненность масла, %
Слабое шипение	Менее 0,5
Потрескивание, отдельные фейерверки	0,5–1,0
Треск, сильный фейерверк	1,5 и более

7.12. Оценка загрязненности методом капельной пробы

Сущность метода заключается в нанесении капли работавшего масла на фильтровальную бумагу и сравнении с эталонной шкалой степени почернения полученного после сушки пятна.

Выполнение анализа:

- пробу масла тщательно перемешивают;
- каплю масла чистой пипеткой наносят на центр фильтра;
- фильтр, с нанесённой каплей масла, высушивают 15 мин при температуре 100 °С, либо 2–4 ч при комнатной температуре;
- после сушки хроматограмма масляного пятна оценивается по табл. 7.3 (светлый ореол вокруг тёмного пятна во внимание не брать).

Таблица 7.3

Оценка работоспособности масла от его внешнего вида

Внешний вид пятна	Содержание механических примесей, %	Принимаемое решение
Светлое желтоватое пятно	0,00–0,01	Работоспособно
Желтоватое пятно с резко ограниченной более тёмной окантовкой	0,01–0,05	Работоспособно
Серое или светло-коричневое пятно, ограниченное более тёмной окантовкой	0,05–0,10	Работоспособно
Тёмно-серое или тёмно-коричневое пятно	0,10–1,0	Работоспособно
Сплошное чёрное пятно	Более 1,0	Не работоспособно

Примечание. Содержание механических примесей допускается не более 1 %.

7.13. Оценка результатов лабораторного анализа

Определив значения основных показателей масла, необходимо сравнить их с требованиями ГОСТа (табл. 7.5, 7.6) с целью оценки качества нефтепродукта. Для этого результаты анализа сводятся в таблицу. Образец записи приведен в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Образец записи результатов анализа масла Марка масла _____

Показатели качества	Значения показателей качества для испытуемого образца № _____	Значения показателей качества по ГОСТ	Отклонение показателей	
			фактическое	допустимое

Таблица 7.5

Основные показатели качества масел

для бензиновых двигателей (ГОСТ 10541–78)

Показатели	Марки масел				
	М-8-В ₁	М-4 ₃ /6-В ₁	М-6 ₃ /10-В ₁	М-5 ₃ /10-Г ₁	М-6 ₃ /12-Г ₁
Вязкость, мм ² /с: при 100 °С	8±0,5	5,5–6,5	9,5–10,5	10–11	12
при 0 °С	1200	-----	-----	-----	-----
при –18 °С	-----	1100–2600	9000	5200	10400
при –30 °С	-----	1100	-----	-----	-----
Индекс вязкости, не менее	85	125	115	120	115
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	165	190	200	210
Температура застыва- ния, °С, не выше	–25	–42	–40	–38	–30
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	900	895	890	900	900
Содержание мех. при- месей, %, не более	0,02	0,015	0,02	0,015	0,015
Содержание воды, %, не более	Следы				

Таблица 7.6

**Основные показатели качества масел
для дизельных автомобильных двигателей (ГОСТ 8581–78)**

Показатели	Марки масел					
	М-8-В ₂	М-10-В ₂	М-8-Г ₂	М-10-Г ₂	М-8-Г _{2к}	М-10-Г _{2к}
Вязкость, мм ² /с: при 100 °С	8±0,5	11–12	8±0,5	11±0,5	8±0,5	11±0,5
при 0 °С, не более	1200	-----	1200	-----	1200	-----
Индекс вязкости, не менее	90	90	85	85	90/95	85/95
Температура вспышки в отк- рытом тигле, °С, не ниже	200	205	200	205	200/210	205/220

Окончание табл. 7.6

Показатели	Марки масел					
	М-8-В ₂	М-10-В ₂	М-8-Г ₂	М-10-Г ₂	М-8-Г ₂ к	М-10-Г ₂ к
Температура застывания, °С, не выше	-25	-15	-25	-15	-30	-15/-18
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	905	905	905	905	905	905/900
Содержание мех. примесей, %, не более	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Содержание воды, %, не более	Следы					

Примечание. В числителе – показатели для масла первой категории качества, в знаменателе – высшей.

7.14. Содержание отчета

1. Название, цель и задачи лабораторной работы.
2. Оборудование и приборы.
3. Схема термостата с вискозиметром.
4. Таблица 7.1 с результатами опытов.
5. График зависимости вязкости от температуры.
6. Определение индекса вязкости образца моторного масла.
7. Оценка температуры вспышки.
8. Определение содержания воды и механических примесей в масле.
9. Результаты исследования образца моторного масла, заключение.

7.15. Контрольные вопросы

1. С какой целью определяется зависимость $\nu = f(t)$?
2. Что такое вязкость?
3. Единицы величины (размерность) кинематической и динамической вязкости?
4. Что называют индексом вязкости, как он определяется?
5. Принцип действия загущающей присадки из полиизобутилена?
6. Как определяется температура вспышки, как по ней оценивают качество масла?
7. Объясните марку масла: МЗ₃/10Г₁, и SAE 5W/30, SH, EC?
8. Каким образом определяется наличие воды и механических примесей в масле?

Лабораторная работа №8. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

8.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование знаний по разделу курса «Консистентные смазки». В результате исследования образцов консистентных смазок студент должен изучить сорта и марки смазок, применяемых в технике, определить их эксплуатационные качества.

Приобретение навыков по оценке качества смазки по внешним признакам, температуре каплепадения, классу густоты и водостойкости.

8.2. Общие сведения

Пластичные смазки – сложные коллоидные системы, в состав которых входят основа и загуститель (стабилизатор для сохранения однородности). В качестве основы широкое распространение получили минеральные и синтетические масла, силиконовые жидкости, эфиры. Пластичность смазкам придают загустители: кальциевые, натриевые, литиевые, алюминиевые, бариевые, а также смешанные мыла, твердые углеводороды (парафин, церезин и их смеси).

Основные функции смазок те же, что и для жидких масел: уменьшение износа, снижение коэффициента трения, уплотнение зазоров, защита металлов от коррозии.

В соответствии с классификацией по ГОСТ 23258–78 пластичные смазки разделены на 4 группы:

- 1 – антифрикционные;
- 2 – защитные (З) или консервационные;
- 3 – канатные (К);
- 4 – уплотнительные:
 - 4.1 – арматурные (А);
 - 4.2 – резьбовые (Р);
 - 4.3 – вакуумные (В).

Антифрикционные смазки необходимы для уменьшения износа и трения; *консервационные* – для защиты от коррозии при хранении, транспортировке, эксплуатации; *уплотнительные* – уплотнение зазоров между деталями. Наиболее обширная группа смазок – антифрикционные, которые в свою очередь делятся на подгруппы, обозначаемые индексами:

- С – среднеплавкие (солидолы); температурный диапазон до 70⁰С;
- О – общего назначения до 110 °С;
- М – многоцелевые от – 30 до 130 °С;
- П – приборные;

Х – химически стойкие;

Ж – жаростойкие (термостойкие) более 150 °С;

Н – низкостойкие (морозостойкие) ниже –40 °С;

Кроме назначения и области применения, в классификационном обозначении смазок указывают тип загустителя, рекомендуемый температурный диапазон применения и консистенцию.

Загуститель обозначают первыми двумя буквами металла, входящего в состав мыла: кальциевое – Ка, натриевое – На, литиевое – Ли, смешанное литиево-кальциевое – Ли-Ка. Рекомендуемый температурный диапазон применения указывают в виде дроби: в числителе – уменьшенная в 10 раз без знака минус минимальная, а в знаменателе – уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения. Консистенцию смазки обозначает число пенетрации, определяемое глубиной погружения стандартного металлического конуса в смазку. Чем больше число пенетрации, тем мягче смазка. Например, М Ли 4/13–3 (Литол-24): М – многоцелевая антифрикционная, Ли – загущена литиевым мылом, работоспособна в условиях повышенной влажности; 4/13 – рабочий интервал температур от –40 до 130 °С, 3 – класс густоты.

Все пластичные смазки должны быть однородными по составу, без абразивных примесей и воды (если она не является стабилизирующим компонентом), не должны расслаиваться на составляющие, т.е. выделять основу. Однородность – коллоидная стабильность.

При практическом применении пластичных смазок важно знать их температурную стойкость, т.к. при неправильном выборе смазки может произойти аварийный выход из строя смазываемого узла в результате ее плавления и вытекания из последнего. Пластичные смазки переходят из мажеобразного состояния в текучее в некотором интервале температур, поэтому для оценки их температурной стойкости принято определять температуру каплепадения в соответствии с ГОСТ 6793–74. *Температурой каплепадения* называют температуру, при которой происходит падение первой капли или касание дна пробирки столбиком смазки, помещенной в чашечку специального прибора, нагреваемого в строго определенных условиях. Практически установлено, что смазку можно применять в узлах трения, рабочая температура которых на 15–20 °С ниже температуры каплепадения этой смазки.

Водостойкость ПС определяет ее способность не смываться водой или не изменять свои свойства в присутствии влаги. Водостойкость ПС определяют по изменению внешнего вида (полный или частичный распад) комка смазки в холодной воде (24 ч при $t = 20$ °С) или кипящей (1 ч).

8.3. Аппаратуры, реактивы, материалы

Термостат, штатив, стекло размером 70×70 мм, бумажные фильтры, спиртовка, стеклянная палочка, пробирки, термометры до 150 °С с ценой деления 1 °С, шпатель, стеклянные стаканы, секундомер, специальный термометр в комплекте с капсюлем, пенетрометр, бензин, дистиллированная вода, образцы смазок.

8.4. Ознакомление с основными внешними признаками смазок

К числу внешних признаков относятся цвет и однородность. Цвет смазки зависит от ее состава, однако многие смазки разных марок обладают одинаковым цветом, изменяющимся от светло-желтого до темно-коричневого. Поэтому он не является характерным внешним признаком. Отдельные смазки имеют присущую только им окраску. Например, графитная смазка обладает черным цветом, технический вазелин в тонком слое прозрачен.

Однородность смазки свидетельствует о равномерном перемешивании загустителя с основой. Качественная смазка должна быть однородной, без комков и выделившейся основы. Сделать внешний осмотр предложенных образцов. Нанести на стеклянную пластину испытуемый образец слоем 1–2 мм и рассмотреть его в проходящем свете. В слое не должны обнаруживаться капли жидкой основы, комки загустителя, посторонние включения.

Оценить исследуемые образцы по внешним признакам и дать заключение.

8.5. Определение основы смазок

Основу, на которой приготовлена смазка, можно определить растворением смазки в воде и бензине или ее расплавлением до образования жирового пятна.

Проба на жировое пятно позволяет более точно определить состав смазок. Основные сорта смазок дают характерные жировые пятна. Пробой на жировое пятно можно, например, отличить солидол от технического вазелина.

Образцы смазок в форме маленьких комочков или шариков диаметром около 5 мм помещают на фильтровальную бумагу и осторожно подогревают бумагу над плиткой или спиртовкой. При этом легкоплавящиеся части смазки (масла и углеводородные загустители) впитываются бумагой, а остальная часть смазок (например, мыла) остается в виде плотного остатка.

Технический вазелин, имеющий углеводородный загуститель, весь расплавляется и впитывается полностью бумагой, оставляя ровное светло-желтое или светлое пятно. Графитная смазка оставляет на бумаге темное и темно-коричневое жировое пятно с отчетливо видимыми кристалликами графита по всему пятну. Солидол (лат. *solidus* – плотный, *oleum* – масло) синтетический быстро образует жировое пятно с небольшим мягким остатком в центре. Цвет остатка обычно мало отличается от цвета остальной части пятна. Солидол жировой образует пятно с более плотным и темным остатком посередине. В ходе подогрева солидолов как синтетических, так и жировых, наблюдается выделение пузырьков из-за наличия структурной воды.

Главными характеристиками пластичных смазок является класс густоты, температурный диапазон применения, коллоидная стабильность, испаряемость, водостойкость, смазывающие свойства. Характеристики основных видов смазок приведены в табл. 8.2 (оценка качества дана по 5-ти балльной шкале).

По результатам исследований дать заключения.

8.6. Определение температуры каплепадения

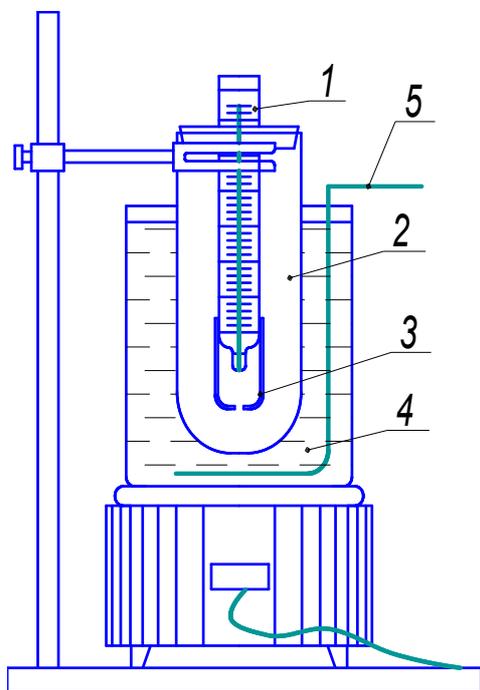


Рис. 8.1. Установка для определения температуры каплепадения: 1 – термометр; 2 – пробирка; 3 – капсюль; 4 – стакан с жидкостью; 5 – турболизатор

Схема прибора для определения температуры каплепадения показана на рис. 8.1. Перед началом опыта вынимают капсюль 3 из гильзы термометра 1 и с помощью шпателя наполняют его испытуемой смазкой. Удаляют шпателем излишек смазки с верхней части капсюля, последний вкладывают в гильзу термометра до упора во внутренний буртик. Затем снимают смазку с нижнего торца капсюля. Термометр с капсюлем вставляют в пробирку 2, которую помещают в стакан с жидкостью 4. Жидкость в стакане подогревают на электроплитке. При определении температуры каплепадения низкоплавких и среднетемпературных смазок в стакан заливают воду, тугоплавких – глицерин или вазелиновое масло. Фиксируют температуру падения первой капли или касания дна

пробирки столбиком выступившей из капсуля смазки.

8.7. Определение класса густоты

Класс густоты определяют с помощью прибора пенетromетра, состоящего из чаши с пластичной смазкой, конуса массой 150 грамм, тормоза и индикаторной укрупненной шкалы (1 мм – 10 дел.). Пенетрометр (с лат. *проникновение*) представлен на рис. 8.2.

Класс густоты смазки определяют при температуре 25 °С. Груз подводят к поверхности смазки, при этом стрелку прибора устанавливают на «0», и опускают в чашу со смазкой в течение 5 с. Затем оценивают показания пенетрометра и определяют класс густоты смазки в соответствии с числом пенетрации. (табл. 8.1). Основные характеристики ПС и их взаимозаменяемость представлены в табл. 8.2.

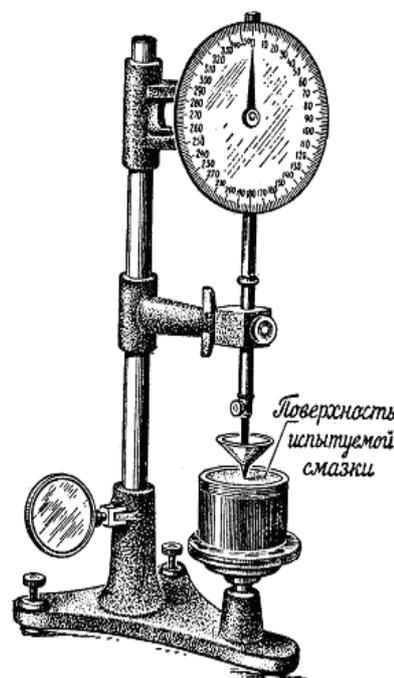


Рис. 8.2. Пенетрометр

Таблица 8.1

Зависимость класса густоты от числа пенетрации

Класс густоты	Число пенетрации	Характеристика густоты
000	445-475	Сверхмягкая
00	400-430	Очень мягкая
0	335-385	Мягкая
1	310-340	Мягкая
2	265-295	Вазелинообразная
3	220-250	Почти твердая
4	175-205	Твердая
5	130-160	Твердая
6	85-115	Очень твердая
7	< 70	Сверхтвердая

Основные характеристики ПС

Тип смазки	Класс густоты	Температурный диапазон, °С	Коллоидная стабильность	Испаряемость	Водостойкость	Смазывающие свойства	Цвет	Взаимозаменяемость
Солидол С	2	–20–65	5	3	4	3	От светло- до темно-коричневого	Литол-24
Графитная	2	–30–50	5	4	3	4	Черный с серым оттенком	Фиол-1
Литол-24	3	–40–120	4	4	4	3	Коричневый	ЛСЦ-15
Фиол-1	1	–40–120	2	3	4	3	Коричневый	Литол-24
ЛСЦ-15	2	–40–130	3	4	4	3	Белый	Литол-24
ШРБ-4	2	–40–130	4	4	4	4	Коричневый	ШРУС-4
ШРУС-4	2	–40–120	4	4	5	5	Серебристый	ШРБ-4
ВТВ	2	–40–40	5	3	5	2	Белый	ЛСЦ-15
№ 158	2	–30–100	3	5	2	3	Синий	ШРУС-4

Солидол С, Литол-24 применяются для смазки узлов трения всех типов; графитная – для рессор, резьбовых соединений; Фиол-1 – для гибких тросов; ЛСЦ-15 – для петель дверей; ШРБ-4, ШРУС-4 – для шарниров и шаровых соединений; ВТВ – для клемм аккумуляторных батарей; № 158 – для игольчатых подшипников.

8.8. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы.
2. Состав пластичных смазок, условные обозначения
3. Описание приборов для определения температуры каплепадения и класса густоты.
4. Результат исследования пластичных смазок по внешним признакам, температура плавления, класс густоты.
5. Сравнение исследуемых ПС с данными табл. 8.2.
6. Выводы по работе.

8.9. Контрольные вопросы

1. Что представляют собою консистентные (пластичные) смазки, их состав?
2. Назначение консистентных смазок?
3. Как классифицируются консистентные смазки?
4. Что относят к внешним признакам смазок?
5. Каким образом можно установить тип загустителя?
6. Что называется температурой каплепадения консистентных смазок, для каких целей используется этот параметр?
7. Порядок определения смазки по внешним признакам?
8. Что представляет собою прибор для определения температуры каплепадения консистентных смазок, порядок ее определения?
9. Методика определения класса густоты пластичной смазки?
10. Что понимается под числом пенетрации?

Лабораторная работа № 9. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТОРМОЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

9.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Рабочие жидкости тормозных систем». В результате анализа по внешним признакам, методу смешения и температуре кипения определить вид, марку тормозных жидкостей и их эксплуатационные качества.

Приобретение навыков по определению вида и качества тормозной жидкости путем определения температуры кипения и состава.

9.2. Общие сведения

Жидкости для тормозных систем служат для передачи давления к исполнительным механизмам тормозных систем транспортных машин. К жидкостям предъявляется ряд требований, выполнение которых необходимо для надежной работы тормозной системы.

Основным показателем тормозной жидкости является температура кипения, которая в процессе эксплуатации снижается из-за высокой гигроскопичности (способности поглощать воду). При торможении температура узлов трения может достигать 150 °С и более. При высоких температурах возможно вскипание тормозной жидкости и образование пузырьков газа. При нажатии на педаль тормоза пузырьки газа сжимаются, что может привести к ухудшению процесса торможения.

Жидкости должны обладать необходимыми вязкостно-температурными свойствами для обеспечения работоспособности в широком интервале температур. Обычно жидкость в системе привода тормозов имеет температуру окружающего воздуха, а в тормозных цилиндрах колес, за счет тепла трения может значительно повыситься. Так, в легковых автомобилях с дисковыми тормозами температура тормозной жидкости при движении по автострадам составляет 60–70 °С, в городских условиях достигает 80–100 °С, на горных дорогах 100–120 °С, а при высоких скоростях движения и интенсивном торможении – до 150 °С. При низких температурах окружающего воздуха жидкость должна иметь низкую вязкость для нормального срабатывания тормозов, а при высоких температурах – достаточно высокую температуру кипения для предотвращения образования паровых пробок в системе гидропривода.

Тормозная жидкость в процессе эксплуатации поглощает влагу из воздуха, при этом понижается температура кипения. Поэтому для современных жидкостей наряду с температурой кипения нормируется точка кипения увлажненной жидкости.

Кроме этого в целях обеспечения надежной и продолжительной работы гидропривода жидкость должна обладать стабильными показателями: не подвергаться расслаиванию, не вызывать образования отложений и осадков на деталях, не быть агрессивной по отношению к металлическим и резиновым деталям, иметь хорошие смазывающие свойства.

Наша промышленность выпускает в основном тормозные жидкости на основе этилкарбитаола, борсодержащего полиэфира.

Тормозные жидкости готовят смешиванием касторового масла со спиртами. При смешивании 50 % бутилового спирта и 50 % касторового масла получают тормозную жидкость БСК. Наиболее широко на старых моделях отечественных автомобилей использовалась жидкость БСК (ТУ 6-10-1533-75). Она имеет хорошие смазывающие свойства, но не высокие вязкостно-температурные показатели. При температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит интенсивная кристаллизация составляющих касторового масла, а при температуре $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ начинают образовываться паровые пробки из-за выкипания спирта. Применение жидкости БСК возможно в интервале температур от -15 до $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Все касторовые жидкости готовят смешиванием с концентрированными спиртами. Попадание в жидкость воды приводят к расслоению жидкости из-за разбавления спирта. Поэтому следует избегать попадания воды в касторовые жидкости. В последних моделях автомобилей жидкость БСК не применяется.

В настоящее время все большее применение получают тормозные жидкости на гликолевой основе. Гликоли (двухатомные спирты) обладают повышенной коррозионной агрессивностью по отношению к металлам. Поэтому в тормозные жидкости на гликолевой основе добавляют антикоррозионные присадки. Тормозная жидкость ГТЖ-22 (ТУ 6-01-787-73) состоит из смеси гликолей, воды и антикоррозионной присадки. По вязкостно-температурным свойствам она превосходит жидкости на касторовой основе, так как имеет температуру кипения $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуру замерзания $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Жидкость ГТЖ-22 нейтральна по отношению к резиновым немаслостойким деталям, однако имеет плохие смазывающие свойства. Поэтому перед заправкой тормозной системы жидкостью подвижные детали рекомендуется смазывать тонким слоем касторового масла. Жидкость ГТЖ-22 нельзя смешивать со спиртокасторовыми жидкостями, так как в гликолевых жидкостях содержится вода. При смешении этих жидкостей вода снижает концентрацию спирта касторовой жидкости, в результате – происходит расслоение и выпадение касторового масла.

Тормозная жидкость «Нева» (ТУ 6-09-550-73) приготовлена на основе, этилкарбитаола с применением многофункциональных присадок, улучшающих эксплуатационные свойства. Имеет высокую температуру кипения. Обеспечивает нормальную работу привода тормозов при температу-

рах окружающего воздуха от -50 до $+50$ °С. Применяется на новых марках автомобилей.

В таблице 9.1 приведены характеристики тормозных жидкостей, применяемых на современных автомобилях.

Таблица 9.1

Технические характеристики тормозных жидкостей

Показатели	«Нева» (Санкт-Петербург)	«Томь» (Кемерово)	«Роса» (Владимир)
Цвет	Жёлтый	Жёлтый	Жёлтый до светло-коричневого
Кинематическая вязкость, мм ² /с:			
+50 °С	5	5	5
+100 °С	2	2	2
-40 °С	1500	1500	1700
Температура кипения, °С	200	215	260

Жидкость «Томь» изготавливается на основе этилкарбита и борсодержащего полиэфира. Совместима с «Невой», с БСК не смешивается. Жидкости «Роса», изготавливаются на основе борсодержащего полиэфира с антиокислительными, антикоррозийными присадками.

В процессе эксплуатации автомобиля температура кипения тормозных жидкостей снижается, что может привести к образованию паровых пробок и отказу работы тормозов. Предельные значения температур кипения могут достичь через 1 год «Нева», через 2 года «Томь», через 3 года «Роса».

9.2. Материалы и принадлежности

Для выполнения лабораторной работы необходимы образцы тормозных жидкостей, пробирки, штативы.

9.3. Порядок выполнения работы

ВНИМАНИЕ! Тормозные жидкости на гликолевой основе ядовиты. Поэтому необходимо соблюдать меры предосторожности, так же как и при использовании антифризов.

1. Определение цвета и запаха жидкости. Образцы тормозных жидкостей переливаются в пробирки по 10 мл в каждую и рассматриваются в проходящем свете, обращается внимание на их цвет, прозрачность и однородность. Жидкость «Нева» и ГТЖ-22 специфическими запахом не обладают, а жидкости на касторовой основе имеют запах спирта: жидкости БСК – бутилового (C_4H_9OH).

2. Определение на растворимость в воде и бензине. Образцы жидкости наливаются в пробирки по 3 мл, добавляется такое же количество воды, затем пробирки встряхиваются и устанавливаются в штатив для отстаивания. Жидкости на касторовой основе БСК и ЭСК при добавлении воды расслаиваются. Жидкости на гликолевой основе ГТЖ-22 и «Нева», «Томь», «Роса» перемешиваются с водой в любой пропорции.

Образцы жидкостей наливаются в пробирки по 3 мл, добавляется такое же количество бензина. Пробирки встряхиваются и устанавливаются в штативы для отстаивания. При добавлении бензина к жидкостям на касторовой основе происходит их полное перемешивание, и в результате образуется однородная смесь. С жидкостями на гликолевой основе бензин не смешивается, и при отстаивании получаются два четко разграниченных слоя.

Проверка жидкостей на смешение. Для испытания налить в две пробирки по 3 мл жидкостей на касторовой и гликолевой основах. В каждую из пробирок добавить столько же жидкости на касторовой основе (или на гликолевой) другой марки. Пробирки встряхнуть и дать смесям отстояться. По состоянию смеси после отстаивания сделать вывод о взаимной растворимости. Следует иметь в виду, что жидкости на одной основе смешиваются между собой, а жидкости на различной основе расслаиваются.

Заключение. По данным опыта определить марки тормозных жидкостей и дать заключение о соответствии образцов тормозных жидкостей требованиям технических условий.

9.5. Содержание отчета

1. Наименование, цель и задачи лабораторной работы.
2. Назначение и требования к тормозным жидкостям.
3. Характеристики тормозных жидкостей (см. табл. 9.1).
4. Результаты опыта по смешению тормозных жидкостей с водой, бензином, друг с другом.
5. Выводы по работе.

9.6. Контрольные вопросы

1. Классификация тормозных жидкостей?
2. Как влияют вязкостно-температурные свойства тормозных жидкостей на работоспособность тормозной системы?
3. Как влияет вода на свойства тормозных жидкостей?
4. Почему одни тормозные жидкости при добавлении воды расслаиваются, а другие перемешиваются с водой?
5. Почему тормозные жидкости на различной основе нельзя смешивать между собой?

Лабораторная работа №10. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

10.1. Цель и задачи лабораторной работы

Формирование и закрепление знаний по разделу курса «Охлаждающие жидкости». В результате анализа по внешним признакам и плотности образца антифриза определить его марку и температуру застывания.

Приобретение навыков по определению температуры застывания антифриза по плотности, а также корректировке образцов до характеристик, соответствующих марке антифриза А-40.

10.2. Общие сведения

Для нормальной работы двигателя внутреннего сгорания примерно 30 % тепловой энергии, выделяемой в процессе сгорания топлива, отводится в систему охлаждения, которая отдает ее в окружающее пространство.

Требования к охлаждающим жидкостям:

1. Высокая температура кипения (не ниже 120 °С).
2. Теплоемкость не менее 4 КДж / (кг · К).
3. Низкая температура застывания (не выше –60 °С).
4. Малая вязкость.
5. Не вызывать коррозию, не вспениваться, не образовывать отложений, не разрушать резиновые изделия.
6. Не быть опасной для здоровья.

В качестве охлаждающих агентов в двигателях используются воздух или жидкости. Наибольшее распространение получили жидкостные системы охлаждения. Для эксплуатации двигателей при положительных температурах окружающего воздуха наиболее подходящей охлаждающей жидкостью является вода. При отрицательных температурах, во избежание замерзания воды, ее применяют в смеси с различными веществами (спиртами, неорганическими солями, глицерином и др.), снижающими температуру застывания. Такие смеси называют антифризами. Наиболее широкое распространение получили водо-этиленгликолевые смеси, кривая кристаллизации которых приведена на рисунке.10.1. Из рисунка видно, что смесь в различных соотношениях может иметь температуру замерзания от 0 до –70 °С, при этом изменяется плотность смеси.

Химическая промышленность, согласно ГОСТ 159–52, выпускает антифризы марок 40 и 65. Жидкость марки А-40 представляет собой смесь 53 % этиленгликоля и 47 % воды, имеет температуру замерзания не выше –40 °С (точка А на рис.10.1). Жидкость марки А-65 содержит 65 %

этиленгликоля и 35 % воды, имеет температуру замерзания не выше $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (точка *Б* на рис.10.1). В качестве антикоррозионных присадок в антифризы добавляют динатрийфосфат и декстрин. Считается, что динатрийфосфат защищает от коррозии чугунные, стальные и частично медные детали, а декстрин – припой и детали из алюминия и меди. Декстрин не полностью растворяется в антифризе, некоторая часть его (10–15 %) находится в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, вследствие чего антифризы могут быть слегка мутноваты. Антифриз мутный и с осадком декстрина пригоден к использованию.

Этиленгликоль – это двухатомный спирт $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$, который при взаимодействии с водой H_2O образует новое вещество (гидрат этиленгликоля) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

В антифризе не должно быть крупных взвешенных частиц и следов другой жидкости на поверхности. Такой жидкостью могут быть нефтепродукты, которые не смешиваются с антифризом, но вызывают бурное вспенивание и выбросы из системы охлаждения двигателей.

При испарении антифриза выделяющиеся пары содержат значительно больше воды, чем этиленгликоля. В условиях эксплуатации от испарения теряется практически только вода, которую периодически следует добавлять в радиатор. Если объем жидкости уменьшился из-за разлива или протекания, то убыль пополняется такой же смесью, при этом температура замерзания антифриза не изменится.

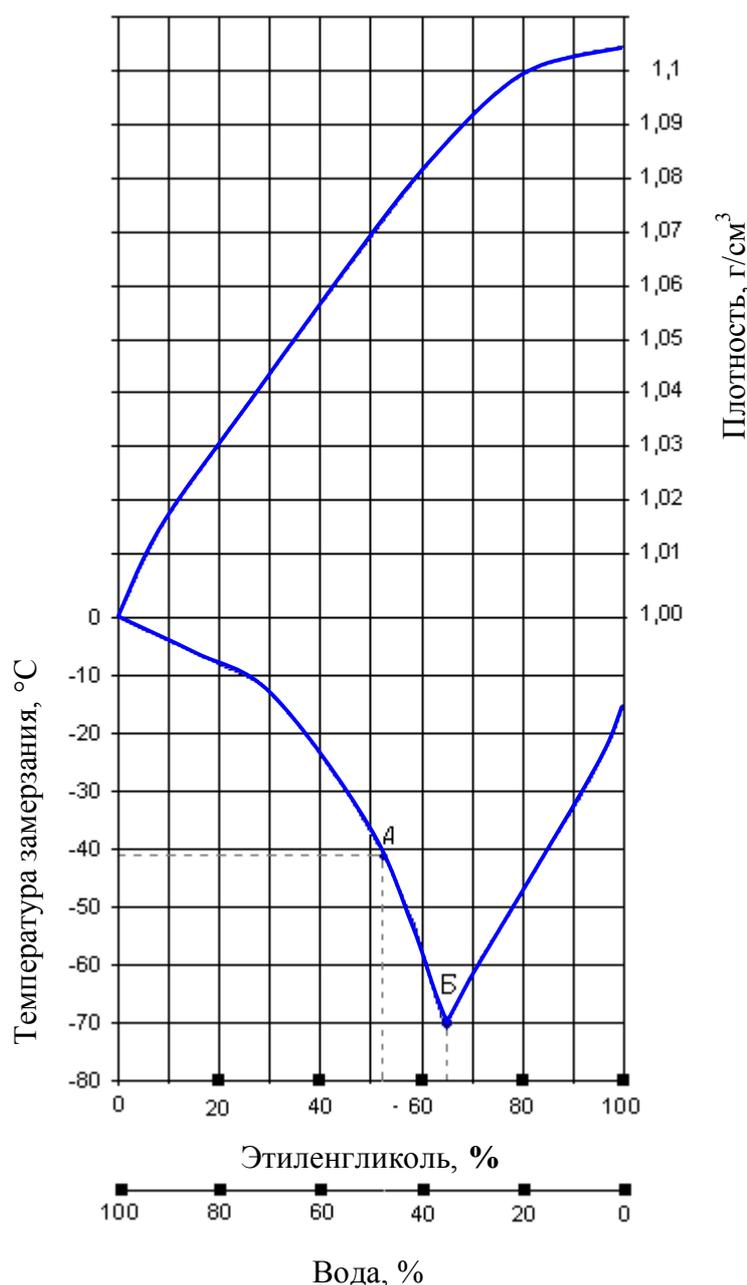


Рис. 10.1. Зависимость температуры замерзания антифризов от их плотности

В последнее время химическая промышленность освоила выпуск низкотемпературных жидкостей типа Тосол по ТУ 6-02-619–70. Эти жидкости можно применять круглый год, они приготовлены на основе этиленгликоля и содержат антикоррозионные присадки и активатор. Выпускается три марки Тосола: Тосол-А, Тосол-А-40, Тосол-А-65. Тосол-А представляет собой концентрированный этиленгликоль с присадками. Перед употреблением его следует развести равным количеством дистиллированной воды, при этом смесь будет иметь температуру замерзания $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Соответственно водный раствор Тосола-А с температурой замерзания не выше $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ маркируют как Тосол-А-40, а с температурой замерзания $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ как Тосол-А-65.

Примечание. Сотрудниками отдела ГОС (технология органического синтеза) для автомобилей «Жигули» был разработан отечественный антифриз на основе этиленгликоля. Соединив ГОС и ОЛ (из слова этиленгликоль), получили название антифриза Тосол.

10.3. Приборы и принадлежности

В производственных условиях состав и температуру замерзания этиленгликолевых жидкостей можно определить с помощью ареометра или гидрометра. Гидрометр представляет собой тот же ареометр, у которого вместо шкалы плотности имеется двойная шкала, показывающая содержание этиленгликоля в процентах и температуру замерзания антифриза в градусах. Кроме этого для проведения испытаний необходимо: термометр, стеклянный цилиндр и образцы антифриза.

10.4. Порядок выполнения работы

ВНИМАНИЕ! Этиленгликоль и его смеси с водой – сильный пищевой яд. При попадании в организм человека наблюдаются тяжелые отравления, иногда со смертельным исходом. При работе с этиленгликолем и его смесями необходимо соблюдать правила техники безопасности: работать в резиновых перчатках, не засасывать шлангом смеси, осторожно переливать жидкости, хранить жидкости в специальной посуде.

В стеклянный цилиндр наливают испытуемый образец антифриза и осторожно опускают в него ареометр. Выждав 5 мин для того, чтобы ареометр принял температуру антифриза, по шкале определяют плотность образца антифриза. С помощью термометра определяют температуру антифриза.

Затем вместо ареометра в стеклянный цилиндр осторожно опускают гидрометр. Через 5 мин по одной шкале определяют состав, по другой температуру замерзания образца. С помощью термометра определяют температуру.

10.5. Обработка результатов опыта

1. Определение состава ареометром. Значение плотности (г/см^3) антифриза, определенное по ареометру, необходимо привести к стандартной температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$ по выражению

$$\rho_{20} = \rho_t + \beta (t - 20), \quad (10.1)$$

где ρ_t – плотность антифриза при данной температуре, г/см^3 ;

t – температура при проведении опыта, $^\circ\text{C}$;

β – температурная поправка плотности, для этиленгликолевого антифриза в среднем равна $0,000525$.

По приведенной плотности ρ_{20} определяют состав и температуру замерзания антифриза, пользуясь графиком на рис. 10.1.

2. Определение состава гидрометром. Гидрометр градуирован при температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$, и если испытание проводилось при другой температуре, то в показания гидрометра необходимо вносить поправку (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Содержание этиленгликоля в антифризе при различных температурах, %

Содержание этиленгликоля в антифризе при температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$, %	Температура испытуемого образца, $^\circ\text{C}$					
	30	20	15	10	0	-10
20	17	20	21	22	24	26
25	22	25	26	27	29	31
30	27	30	32	33	35	37
35	32	35	37	38	40	43
40	37	40	42	44	47	50
45	41	45	47	49	52	56
50	46	50	52	54	58	62
55	50	55	57	59	63	67
60	55	60	63	65	69	73

Например, при температуре $+10\text{ }^\circ\text{C}$, гидрометр показал 38% этиленгликоля. Тогда истинное содержание его в антифризе будет равно 35% . Если в таблице нет необходимых значений температур и показаний гидрометра, прибегают к интерполяции. По найденному истинному составу антифриза определяют температуру его замерзания (см. рис.10.1). На основании выполненных испытаний делают заключение о соответствии качества испытанного образца антифриза требованиям стандарта (табл.10.2).

Если показатели качества образца антифриза отличаются от стандарта, производится расчет по доведению состава антифриза к требованиям

ГОСТа и готовится смесь требуемого качества. При добавке этиленгликоля, его количество определяется по формуле

$$X = \frac{a - b}{b} \cdot V, \quad (10.2)$$

где X – количество добавляемого этиленгликоля, л;
 V – объём корректируемого образца, л;
 a – процентное содержание воды в корректируемом (исходном) образце;
 b – процентное содержание воды в требуемом образце
(определяется по рис. 10.1).

При добавке воды (л), её количество определяется по формуле

$$X = \frac{c - d}{d} \cdot V, \quad (10.3)$$

где c – процентное содержание этиленгликоля в корректируемом образце;
 d – процентное содержание этиленгликоля в требуемом образце
(определяется по рис. 10.1).

В табл. 10.2 приведены основные показатели низкотемпературных жидкостей.

Таблица 10.2

Основные показатели низкотемпературных жидкостей

Жидкость	Температура замерзания, °С	Цвет	Плотность, г/см ³	Содержание этиленгликоля, %
Концентрат	-12	Бесцветный	1,1–1,116	94
Антифризы:				
А-40	Не выше -40	Голубой	1,078–1,085	53,7
А-65	Не выше -65	Красный	1,085–1,045	62,4

10.6. Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Характеристика антифризов.
3. Зависимость температуры замерзания смеси этиленгликоля и воды.
4. Результаты анализа образцов антифриза и расчеты по корректировке образцов до марки антифриза А-40.
5. Выводы по работе.

10.7. Контрольные вопросы

1. Что представляют собой низкотемпературные жидкости?
2. Назовите основные свойства и марки низкотемпературных жидкостей?
3. Почему при испарении антифриза убыль восполняется водой, а при утечке – той же смесью (антифризом)?
4. На каком свойстве жидкости основан принцип работы гидрометра?
5. Поясните происхождение слова Тосол?

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Во время работы в лаборатории по исследованию топлив, смазочных материалов и технических жидкостей студенту приходится иметь дело с огнеопасными и ядовитыми веществами, поэтому необходимо очень строго соблюдать правила безопасности. Пожары, взрывы, отравления возникают там, где при обращении с нефтепродуктами допускается небрежность, халатность и несоблюдение противопожарных правил и техники безопасности.

Каждый студент, приступивший к выполнению лабораторных работ по испытанию эксплуатационных материалов, должен пройти инструктаж и расписаться в специальном журнале.

При проведении лабораторных работ строго воспрещается:

1. Работать на установках с электрическими приборами без заземления.
2. Нагревать легковоспламеняющиеся вещества, особенно бензины, на открытых электроплитках.
3. Переливать нефтепродукты при включенных нагревательных приборах или открытом пламени.
4. Оставлять включенными электроприборы без присмотра даже на самые короткие промежутки времени.
5. Курить в помещении лаборатории, пользоваться зажигалками.
6. Держать на лабораторных столах бутылки, колбы с горючими или ядовитыми веществами, не участвующими в испытании.
7. Оставлять открытой посуду с горючими веществами.
8. Продолжать испытания при случайном проливе горючего на лабораторный стол, на пол лаборатории или на одежду.
9. Сливать остатки нефтепродуктов в раковины водопроводной сети.

Особую осторожность необходимо соблюдать при работе с этилированным бензином, так как он ядовит. При контакте бензина с кожей её протирают керосином и промывают теплой водой с мылом.

Обтирочные материалы, пропитанные нефтепродуктами, могут самовозгораться, поэтому должны храниться в железных ящиках.

Ядовитые эксплуатационные материалы (антифризы, тормозные жидкости, этилированный бензин) нужно хранить в закрытых специальных шкафах, а их исследования проводить в вытяжных шкафах.

При возникновении пожара нефтепродукты нельзя заливать водой. Для ликвидации огня нужно прекратить доступ воздуха к горящему предмету – накрыть плотным материалом (кошмой), засыпать песком, а при обильном пламени, применить огнетушитель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
2. Методические указания по курсу “Топливосмазочные материалы и технические жидкости”. Для студентов специальности 0513,0523: Руководство к лабораторным работам/ И.С. Гордиенко и др. – Алма-Ата: Издательство высшего и среднего специального образования Каз. ССР, 1985, – 63 с.
3. Химмотология: Учебник для вузов / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 367 с.
4. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие/ И.И. Гнатченко и др. – М.: ООО “Издательство АСТ”, 2000. – 360 с.
5. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости: Учебник для вузов по спец. “Двигатели внутреннего сгорания ” / А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н.Чернявский; Под ред. проф. А.М. Обельницкого. – М.: ИПО “Полигран”, 1997. – 272 с.
6. ГОСТ 25371–97. Нефтепродукты. Метод расчёта индекса вязкости.

Учебно-практическое издание

Юрий Петрович Макушев

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО АВТОМОБИЛЬНЫМ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ

Учебное пособие

Редактор Т.И. Кукина

Компьютерную верстку
выполнила Т.И. Кукина

Подписано к печати 28.10.05
Формат 60x90 1/16. Бумага писчая
Оперативный способ печати
Гарнитура Таймс
Усл. п. л. 4,25, уч.-изд. л. 4,0
Тираж 200 экз. Заказ № ____
Цена договорная

Издательство Сибирской государственной
автомобильно-дорожной академии
644099, г. Омск, ул. П. Некрасова, 10

Отпечатано в П.Ц издательства СибАДИ
644099, г. Омск, ул. П. Некрасова, 10