

Федеральное агентство по образованию

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

**В. Б. ДЖЕРИХОВ О. М. СУВОРОВ А. В. СОЛОВЬЕВ**

# **АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Лабораторный практикум  
Учебное пособие**

Санкт-Петербург  
2007

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. Е. В. Соболев (НОУ «Центр менеджмента “Бастион”»), канд. техн. наук, доцент О. А. Барков (НОУ «Центр менеджмента “Бастион”»)

**Джерихов, В. Б.**

Автомобильные эксплуатационные материалы: Лабораторный практикум. Учебное пособие / В. Б. Джерихов, О. М. Суворов, А. В. Соловьев: СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 109 с.

Изложена методика выполнения лабораторных работ по основным разделам дисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы». Рассмотрены правила проведения физико-химических анализов с горюче-смазочными материалами. Показан порядок выбора конкретной марки топлива, масла и смазки из всего ассортимента эксплуатационных материалов для конкретного типа автомобиля.

Практикум снабжен инструкцией по технике безопасности при выполнении исследований.

Предназначен для студентов специальностей: 190601 – автомобили и автомобильное хозяйство; 190603 – эксплуатация и обслуживание транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт) – с целью формирования профессиональных знаний и практических навыков по проведению испытаний и определению показателей качества ГСМ.

Табл. 20. Ил. 23. Библиогр.: 6 назв.

Рекомендовано Редакционно-издательским советом СПбГАСУ в качестве учебного пособия

© В. Б. Джерихов, О. М. Суворов,  
А. В. Соловьев, 2007  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2007

Эффективность и надежность эксплуатации различных автомобилей зависит не только от конструктивных и технологических особенностей, но и в значительной степени от того, насколько удачно подобраны к ним топливо, смазочные материалы и технические жидкости.

В связи с этим для специалиста по эксплуатации автомобильной техники все большее значение приобретает умение правильно выбрать марку топлива и смазочных материалов для конкретного типа машин, технически обосновать подбор полноценного заменителя, а также обеспечить организацию контроля соответствия показателя качества продукта ГОСТ или ТУ.

Для успешного решения этих задач нужно приобрести практические навыки правильной оценки эксплуатационных качеств топлив и смазочных материалов, а при необходимости проводить простейшие лабораторные анализы.

Настоящий лабораторный практикум снабжен инструкцией по технике безопасности при проведении лабораторных работ. Он необходим для подготовки молодого специалиста, который будет эксплуатировать автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

Методики лабораторных анализов, приведенные в руководстве, соответствуют действующим стандартам.

## **Общие указания по выполнению лабораторных работ**

Цель лабораторного практикума по курсу «**Эксплуатационные материалы**» – научить студентов основным приемам анализа топлив, смазочных материалов и пластических масс, а также оценке эксплуатационных качеств этих продуктов по данным анализа (паспорта).

Лабораторные работы по топливу, смазочным материалам отличаются от других работ специфичностью, обусловленной особыми свойствами анализируемых продуктов: их испаряемостью, огнеопасностью и ядовитостью.

Успешное выполнение лабораторных заданий зависит от предварительной подготовки студентов к лабораторным работам, строгого соблюдения методики проведения испытаний и соблюдения в лаборатории правил техники безопасности и противопожарных мер.

На рабочем месте должно быть все, что нужно студенту для выполнения задания, и не должно быть ничего, что отвлекало бы его внимание и мешало проведению работы.

Грязная посуда и приборы, плохая подгонка деталей в местах соединения, неправильно подготовленные реактивы искажают результаты анализа. К лабораторной работе можно приступать только тогда, когда аппарат или прибор собран и проверен.

Работы выполняются студентами с заданными образцами продуктов в точном соответствии с указаниями руководства. Непродуманность и поспешность в выполнении анализа не только исказят результат испытания, но могут привести к порче приборов, а также к несчастному случаю.

По окончании анализа прибор разбирают и рабочее место приводят в порядок. На рабочем месте не должно оставаться следов нефтепродуктов и мусора.

В отчете (в тетради по выполнению лабораторных работ) должны быть освещены все вопросы по выполненной работе:

номер и наименование работы;

характеристика исследуемого показателя качества и его размерность;

сущность испытания;

краткое описание хода испытания с зарисовкой принципиальных схем приборов;

наименование продукта (номера пробы) и данные опыта;

расчет показателя и его графическое построение (по необходимости);

оценка результата испытания, включая сравнение с нормами ГОСТ;

оценка поведения продукта при его использовании в эксплуатации автомобиля.

## Инструкция по технике безопасности при проведении лабораторных работ

*Студенты, выполняющие лабораторные работы, имеют дело:*

с легко воспламеняющимися горючими жидкостями, такими как бензин, керосин, дизельное топливо, растворители и другие легкие нефтепродукты;

с токсичными жидкостями, такими как ароматические углеводороды, антифризы, тормозные жидкости и др.

*Главными опасностями при выполнении лабораторных работ являются:*

пожарная опасность;

отравление токсичными веществами при попадании их в пищевой тракт, по этой причине к выполнению лабораторных работ допускаются те студенты, которые изучили правила техники безопасности при работе с топливно-смазочными и токсичными материалами, прошедшие инструктаж на рабочих местах и соблюдающие правила внутреннего распорядка в лаборатории.

*До начала работы необходимо:*

1) проверить исправность нагревательных приборов и аппаратуры, вентиляции, а также надежность заземления электроприборов;

2) подготовку проб нефтепродуктов к испытанию (переливание из колб в приборы) производить вдали от нагревательных приборов на специальном столе в вытяжном шкафу;

3) на рабочем месте иметь методическое руководство и тетрадь для записей;

4) знать, что нельзя ставить сумки, чемоданы и портфели около рабочих столов, тем более загромождать ими столы.

*Во время работы необходимо:*

1) держать сосуды с нефтепродуктами на расстоянии не менее чем на 0,5 м от электронагревательных приборов;

2) включать электронагревательные приборы только после того, как топливо залито в прибор, подготовленный к проведению испытаний, а оставшееся топливо слито в колбу, закрыто пробкой и поставлено на установленное место;

3) помнить, что запрещается применять открытое пламя или другой источник возможного воспламенения. Сжигать образцы топлив при

их анализе допускается только в вытяжном шкафу, из которого предварительно удалены все колбы с нефтепродуктами;

4) для выполнения лабораторной работы использовать нефтепродукты в количестве не большем, чем указано в методических указаниях. Подготовку проб к испытанию нужно проводить до включения нагревательных приборов;

5) при сильном запахе бензина или другого какого-либо легко воспламеняющегося продукта все работы прекратить и помещение тщательно проветрить (так же нужно поступить и при проливе бензина);

6) остерегаться прикасания к горячим приборам, не разбирать их в горячем состоянии (нужно дождаться, пока они остынут);

7) помнить, что использованные приборы для нефтепродуктов и других жидкостей нельзя сливать в раковины, так как они, скапливаясь в сифонах раковины, могут послужить причиной взрыва;

8) особенную осторожность соблюдать с этилированными бензинами, антифризом и тормозными жидкостями. При их попадании на кожу необходимо тщательно промыть пораженные участки водой с мылом, а при попадании внутрь – немедленно обратиться к врачу;

9) знать, что при работе со стеклянными приборами и посудой не следует употреблять излишних усилий при закрывании (открывании) приборов пробками или резиновыми трубками, так как это может привести к поломке стеклянного прибора или порезу рук осколками;

10) при выполнении лабораторной работы всегда придерживаться методических указаний и **ПОМНИТЬ**, что поспешность или непродуманное отклонение от рекомендованного порядка работы могут привести к взрыву, пожару и несчастному случаю.

*При возникновении аварийных ситуаций необходимо:*

1) в случае воспламенения горючей жидкости быстро убрать от пламени сосуды с нефтепродуктами, выключить электронагревательные приборы, немедленно погасить пламя струей углекислоты из углекислого огнетушителя или засыпать очаг пламени песком;

2) помнить, что категорически запрещается тушить пламя на электроприборах, находящихся под напряжением, пенным огнетушителем, так как пена проводит ток, который может поразить человека при тушении пожара;

3) при возгорании одежды погасить пламя путем обертывания полотенцем или одеялом, плотно прижимая его к месту возгорания.

*По окончании работы необходимо:*

- 1) выключить электронагревательные приборы;
- 2) убрать с рабочего места ветошь, бумагу, пропитанные нефтепродуктами;
- 3) слить использованные нефтепродукты в специальную емкость;
- 4) после работы с токсичными веществами (антифризом или этилированным бензином) тщательно вымыть руки с мылом.

**Студенты, нарушившие требования техники безопасности, привлекаются к дисциплинарной ответственности!**

## Лабораторная работа № 1

### ОЗНАКОМЛЕНИЕ С АССОРТИМЕНТОМ ТОПЛИВ

#### *Цели работы:*

- 1) ознакомить студентов с существующим ассортиментом топлив для автомобилей, тракторов и дорожно-строительных машин;
- 2) научить студентов различать сорта топлив простейшими способами по внешним признакам.

**Время** – два академических часа.

#### *Оборудование и материалы:*

- 1) набор топлив: автомобильные и авиационные бензины, керосины, дизельное топливо... 1 комплект;
- 2) стеклянный цилиндр диаметром 35–50 мм... 1 шт.;
- 3) пробирки химические ..... 4–6 шт.;
- 4) часовое стекло диаметром 50–70 мм..... 4–6 шт.;
- 5) пипетки на 10 мл .....по 1 шт.;
- 6) 10 %-ный спиртовой раствор йода.....50–70 мл;
- 7) раствор марганцовокислого калия.....10–20 мл;
- 8) спирт этиловый ректификат.....50–70 мл;
- 9) стеклянные палочки.....4–6 шт.

**Задача перед студентами при выполнении работы** как будущими инженерами по эксплуатации автомобилей – уметь безошибочно различать по внешним признакам основные сорта нефтяных топлив (бензины, керосин, дизельное топливо и т. д.).

### Вводная часть

В работе дано описание внешних признаков основных сортов и марок топлива и приведены простейшие качественные определения содержания в них этиловых жидкостей, непредельных углеводородов и смолистых веществ.

## Основная часть

### Ознакомление с внешним видом и запахом топлив

Для ознакомления с топливами студенты:

- 1) рассматривают внешний вид типовых топлив из имеющегося набора, обращая внимание на их цвет, запах и прозрачность;
- 2) сравнивают с ними заданный образец топлива;
- 3) проводят испытание летучести путем испарения капли топлива на бумаге.

**Цвет.** Окраска топлива в розовый, синий, зеленый или желтый цвет указывает на содержание в нем этиловой жидкости. Если автомобильные бензины этилированы, то они окрашиваются в следующие цвета:

А-66 – в оранжевый;

А-76 – в зеленый;

АИ-93 – в синий или голубой;

АИ-98 – в желтый.

Авиационные бензины окрашиваются в следующие цвета: Б-91/115 – в зеленый; Б-95/130 – в желтый; Б-100/130 – в ярко-оранжевый.

Неэтилированные бензины бесцветны или слегка желтоватого цвета, так как в них содержатся смолистые соединения или они загрязнены маслом. Наиболее часто желтый цвет наблюдается у бензинов А-66 и А-72, находившихся длительное время на хранении.

Бесцветны также реактивное топливо (ТС-1 и ТС-2) и осветительный керосин, который может иметь синеватый оттенок в отраженном свете.

Обычно керосин, предназначенный для технических целей, имеет желтый цвет.

Дизельные топлива могут быть бесцветны или быть желтоватого цвета, а топлива для тихоходных дизелей имеют цвет от темно-желтого до бурого или светло-коричневого.

**Прозрачность.** Все топлива должны быть совершенно прозрачны и не должны содержать взвесей и осадков. Мутный вид топлива при комнатных температурах обычно вызывается присутствием в нем воды в виде эмульсии. В бензине такая эмульсия быстро распадается (10–12 мин) и вода осаждается на дно сосуда в виде капелек или слоя. Водная эмульсия в дизельном топливе более устойчива, и для ее осаждения в склянке требуется несколько часов.

Взвеси и осадки являются механическими примесями. В дизельных топливах взвеси и осадки иногда маскируются темным цветом продукта. В таких случаях дизельное топливо фильтруют через бумажный фильтр, сложенный в виде воронки, и затем, раскрыв фильтр, по виду его судят о наличии механических примесей. Для получения отчетливых результатов необходимо пропустить через фильтр не менее литра топлива.

**Запах.** Запахи топлив различного происхождения легко различимы. Бензины, содержащие продукты термического крекинга, гидролиза и коксования, обладают резким неприятным запахом, свойственным непредельным углеводородам, и чем выше содержание последних в бензинах, тем сильнее этот резкий запах (А-66, А-72 и иногда А-76). Бензины прямой перегонки, каталитического крекинга (А-76, АИ-93 и АИ-98, авиационные) пахнут сравнительно мягко.

Осветительные керосины и реактивные топлива обладают относительно слабым «керосиновым» запахом.

Дизельные топлива обычно обладают несильным, но устойчивым резким запахом из-за содержания в них сернистых соединений.

**Испаряемость.** На белую бумагу следует нанести стеклянной палочкой по одной капле каждого вида топлива и дать ему испариться; осмотреть остаток после испарения.

Современные автомобильные бензины, особенно зимнего вида, а также авиационные бензины испаряются без остатка в течение 1–2 мин. После испарения автомобильных бензинов А-66, А-72, А-76 на бумаге остаются незначительные следы (пятна), которые доиспаряются при легком прогреве.

Керосин и дизельное топливо длительное время остаются на бумаге в виде жирного пятна.

### Качественное определение наличия непредельных углеводородов

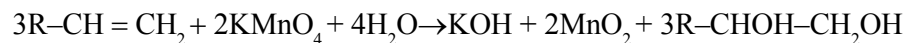
Бензины, имеющие в своем составе продукты термического или одноступенчатого каталитического крекинга, могут содержать значительное количество нестойких, легкоокисляющихся непредельных углеводородов, способных во время транспортировки и хранения полимеризоваться и превращаться в смолы. Это вредно отражается на работе двигателя в виде образования на деталях твердых отложений.

В бензинах прямой перегонки, в том числе во всех авиационных бензинах, а также в дизельном топливе, осветительных керосинах и реактивных топливах, непредельных углеводородов нет или очень мало.

### **Оборудование и материалы:**

ассортимент бензинов;  
водный раствор марганцовокислого калия;  
пробирки.

В пробирки налить равные объемы (примерно 4–5 мл) испытуемого топлива и 0,02 мл водного раствора марганцовокислого калия (перманганата)  $\text{KMnO}_4$ . Смесь хорошо взболтать в течение 10–15 с и дать отстояться. В результате реакции



фиолетовая окраска водного раствора  $\text{KMnO}_4$  переходит в бурую с последующим выпадением бурого осадка  $\text{MnO}_2$  на дно пробирки. Наличие такого осадка говорит о том, что в топливе имеются непредельные углеводороды.

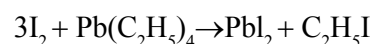
Если в течение 2 мин фиолетовая окраска водного раствора марганцовокислого калия не изменится, то в топливе непредельные углеводороды отсутствуют или их мало.

При испытании дизельных топлив в некоторых случаях фиолетовая окраска раствора  $\text{KMnO}_4$  также меняется на бурую. Это происходит обычно с сернистыми дизельными топливами, так как сернистые соединения легко окисляются такими сильными окислителями, как марганцовокислый калий. Эта реакция позволяет различить малосернистое и сернистое дизельные топлива.

### **Качественное определение этиловой жидкости**

В тех случаях, когда цвет топлива вызывает сомнение в наличии этиловой жидкости, можно провести испытание.

В пробирку наливают 10 мл испытуемого бензина и добавляют 1,0 мл 10 %-го спиртового раствора йода. Смесь в пробирке осторожно нагревают в течение 2 мин на водяной бане и затем охлаждают водой. Верхний бензиновый слой сливают и добавляют в остаток 10 мл спирта. Пробирку слегка встряхивают и проверяют в отраженном свете наличие желтых кристаллов (блесток) йодистого свинца, образовавшегося при взаимодействии йода с тетраэтилсвинцом:



Наличие йодистого свинца указывает на присутствие в бензине этиловой жидкости.

### **Определение смолистости и загрязненности бензина по остатку после сжигания**

По остатку после сжигания испытуемого топлива на сферическом (часовом) стекле можно судить о смолистости его и загрязненности другими веществами.

### **Оборудование и материалы:**

ассортименты бензинов;  
часовое стекло диаметром 60–70 мм;  
линейка;  
спички.

### **Порядок проведения работы:**

- 1) работу проводить в вытяжном шкафу;
- 2) часовое стекло диаметром 60–70 мм установить выпуклостью вниз на асбестовую сетку;
- 3) в центр стекла с помощью стеклянной трубки или пипетки налить 0,5 или 1,0 мл испытуемого топлива;
- 4) аккуратно поджечь испытуемое топливо;
- 5) наблюдать результаты горения:  
бензин воспламеняется мгновенно;  
керосин загорается после длительного поджигания;  
дизельное топливо от горячей спички практически не воспламеняется;
- 6) после окончания горения дать стеклу остыть и осмотреть вид остатка на сферическом стекле (рис. 1). Результаты осмотра после сгорания топлив:

бессмольный или малосмольный бензин оставят на стекле след в виде бледного, беловатого пятна;

смолистый бензин даст ряд концентрических колец желтого или коричневого цвета;

7) измерить внешние диаметры остатков топлив после сжигания на сферическом стекле. Замерив внешний диаметр самого большого коль-

ца с помощью графика (рис. 2), приблизительно сделать вывод о содержании смол в топливе;

8) составить таблицу зависимости смол от диаметра смоляного пятна на сферическом стекле (табл. 1);

Таблица 1

**Зависимость содержания смол от диаметра смоляного пятна на стекле**

Диаметр смоляного пятна, мм	6–7	8–9	10–11	11–12	11–13	14–15
Содержание фактических смол, мг/100 мл (ориентировочно)	5	10	15	20	25	30

9) определить результаты испытаний исследуемых топлив:

бензин, загрязненный маслом или дизельным топливом, оставит на стекле несгоревшие капли, обычно располагающиеся по окружности, ближе к краю стекла;

бензол и бензолные топлива, например авиационные бензины, даже бессмоляные, дадут след небольшого коричневого кольца с черным углистым остатком в центре;

топливо, в котором содержатся твердые кристаллические примеси в растворенном виде, оставят след на стекле в виде мелких точек;

этилированные бензины оставят по всему стеклу белый налет окиси свинца.

Рис. 1 дает представление о виде остатков после сжигания топлив, содержащих различные примеси.

Замерив внешний диаметр самого большого кольца, можно с помощью графика (см. рис. 2) приблизительно судить о содержании смол в топливе.

Загрязненность бензина механическими примесями или водой может вызвать засорение, а в зимнее время и замерзание топливной системы.

Физическая стабильность бензина характеризуется кристаллизацией высокоплавких углеводородов и испарением легких фракций при высоких температурах. В результате изменяется состав бензина, что затрудняет пуск двигателя.

Химическая стабильность бензина характеризует его склонность к осмолению при длительном хранении, а также к образованию смолистых отложений во впускном тракте двигателя и нагара в камерах сгора-

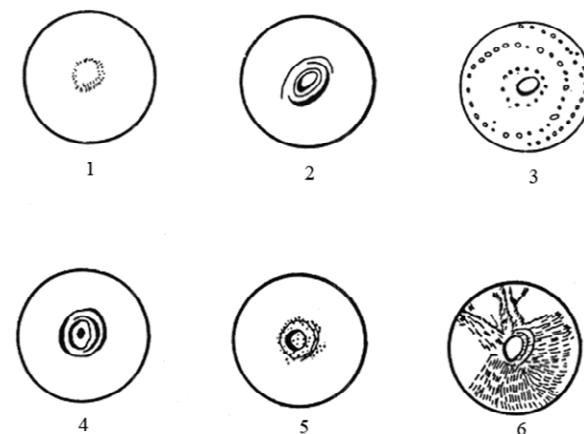


Рис. 1. Примерный вид остатка топлив после сжигания на сферическом стекле: 1 – бессмольный бензин; 2 – смолистый бензин; 3 – бензин, загрязненный маслом; 4 – бензино-бензолная смесь; 5 – бензин, загрязненный кристаллическими примесями; 6 – бензин, загрязненный парафином

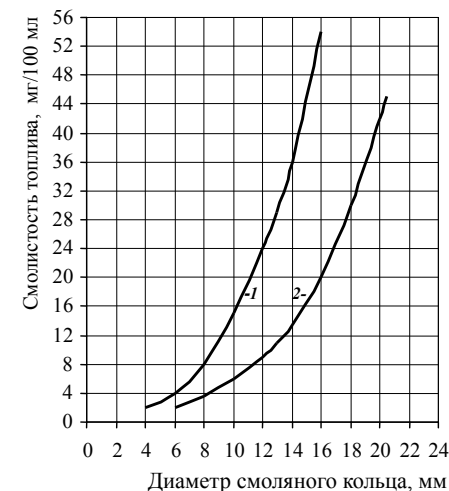


Рис. 2. Зависимость размера, мм, смоляного кольца от содержания смол в топливе: 1 – для 0,5 мг сжигаемого топлива; 2 – для 1 мг сжигаемого топлива



ния. Кроме того, в бензинах происходят процессы окисления, уплотнения, разложения. Стабильность оценивается величиной *индукционного периода*, т. е. временем, в течение которого бензин, находящийся в контакте с воздухом, под давлением 0,7 МПа при  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$ , практически не окисляется. Чем выше индукционный период бензина, тем выше его химическая стабильность.

### Определение плотности топлив

#### Цели работы:

1) дать студентам представление о методике определения плотности нефтепродуктов;

2) научить студентов учитывать величину плотности при операциях учета расходования ГСМ.

Под *плотностью топлива*  $\rho$  понимают его массу в единице объема. Размерность плотности в системе единиц СИ выражена в  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Плотность нефтепродуктов зависит от температуры, т. е. с ее повышением плотность уменьшается, а с понижением увеличивается. Плотность может быть замерена при любой температуре, но результат измерения обязательно приводят к температуре  $+20\text{ }^\circ\text{C}$ , принятой за стандартную при оценке плотности топлив и масел.

Приведение замеренной плотности к плотности при стандартной температуре  $+20\text{ }^\circ\text{C}$  производится по формуле

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

где  $\rho_t$  – плотность горючего при температуре испытания,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\gamma$  – средняя температурная поправка,  $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$  (табл. 2);  $t$  – температура, при которой произведен замер плотности топлива,  $^\circ\text{C}$ .

Значения поправок на плотность приведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Средние температурные поправки плотности нефтепродуктов

Нефтепродукты	Параметры	
	Замерная плотность нефтепродуктов $\rho_t$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Температурная поправка на $1\text{ }^\circ\text{C}$ $\gamma$ , $\text{кг}/\text{м}^3$
Бензин	690–760	0,865
Керосин	780–820	0,738
Дизельное топливо	820–860	0,718

### Отчетность по исследуемым нефтепродуктам

Учет нефтепродуктов на нефтебазах, складах ГСМ автохозяйств, базах механизации и заправочных станциях, а также оптовая закупка и перевозка ГСМ производятся в массовых единицах, т. е. приход осуществляется в весовых единицах – килограммах и тоннах (кг, т), а расход учитывается в объемных единицах – литрах (л).

Следовательно, система учета и отчетности, а также расчеты при составлении заявок на снабжение должны предусматривать перевод количеств из массовых единиц в объемные и обратно. Кроме того, контроль наличия остатков топлив в емкостях заправочных станций (АЗС), розничная продажа и отпуск их при заправке баков транспортных средств, нормы их расхода устанавливаются и производятся также в объемных единицах, т. е. в литрах (л).

В силу этого нужно производить пересчет из массовых единиц в объемные и обратно, для чего нужно знать плотность получаемых и выдаваемых нефтепродуктов.

Пересчет осуществляют следующим образом: количество бензина в массовых единицах, кг

$$G_t = V_t \cdot \rho_t,$$

где  $V_t$  – количество бензина в объемных единицах, л;  $\rho_t$  – плотность бензина при той же температуре,  $\text{кг}/\text{л}$ .

При обратном пересчете и тех же обозначениях

$$V_t = G_t / \rho_t.$$

Таким образом, *абсолютной плотностью* вещества называется количество массы, содержащейся в единице объема. Она имеет размерность  $\text{кг}/\text{м}^3$  в системе СИ.

#### Измерение плотности с помощью нефтенсиметров

На складах и заправочных станциях плотность нефтепродуктов измеряют с помощью *нефтенсиметра* (ареометра), который представляет собой полый стеклянный поплавок с балластом внизу и тонкой стек-

лянной трубкой сверху, в которой помещена шкала плотностей. В измерительный комплект входят денсиметры с различными пределами шкал плотности, позволяющие практически определять плотность всех видов топлива и масел (рис. 3–4).

Денсиметры градуируются в  $\text{г/см}^3$ , поэтому для выражения плотности продукта в системе СИ необходимо полученный результат измерения пересчитать, умножив на 1000.

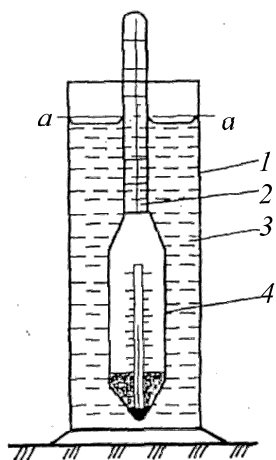


Рис. 3. Прибор для определения плотности нефтепродуктов:  
1 – стеклянный цилиндр; 2 – нефтенденсиметр; 3 – испытуемый нефтепродукт; 4 – термометр

**Приборы и материалы** – нефтенденсиметр, стеклянный цилиндр.

**Порядок выполнения работы:**

1) в чистый стеклянный цилиндр емкостью 250 мл и диаметром 50 мм налить испытуемое топливо;

2) дать топливу отстояться до выделения пузырьков воздуха, чтобы оно приняло температуру окружающего воздуха;

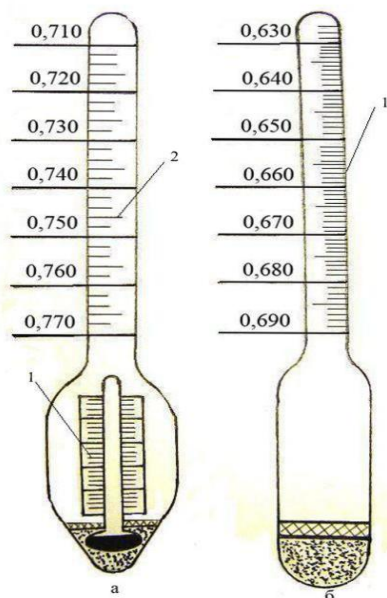


Рис. 4. Определение плотности бензина  
а – аэрометр: 1 – шкала термометра; 2 – шкала плотности ( $\rho$ ,  $\text{г/см}^3$ ); б – нефтенденсиметром: 1 – нефтенденсиметр

3) выбрать нефтенденсиметр с соответствующим делением шкалы,  $\text{кг/м}^3$ , и пределом измерения:

для бензинов – 690–750; для дизельных топлив – 820–860;  
для керосинов – 780–820; для масел – 830–910;

4) чистый и сухой нефтенденсиметр взять за верхнюю часть и медленно погрузить в испытуемый продукт так, чтобы он не касался стенок цилиндра;

5) по прекращении колебаний нефтенденсиметра произвести отсчет показаний по шкале плотностей по верхнему краю мениска (при этом глаз наблюдателя должен быть на уровне мениска жидкости);

6) произвести отсчет температуры испытаний  $t$  по впаиванному в нефтенденсиметр термометру. Отсчет по шкале денсиметра дает плотность горючего  $\rho_t$  при температуре испытаний  $t$ ;

7) привести замеренную плотность к стандартному значению  $\rho_{20}$ , т. е. к плотности при температуре  $+20^\circ\text{C}$ , учитывая температурную поправку согласно табл. 3.

Значения поправок на плотность приведены в табл. 3. Плотность бензинов стандартом не нормируется, однако она наряду с другими физико-химическими показателями характеризует качество нефтепродуктов;

Таблица 3

Таблица полных температурных поправок плотности нефтепродуктов

Замеренная плотность, $\text{кг/м}^3$	Поправка на $1^\circ\text{C}$ , $\text{кг/м}^3$	Замеренная плотность, $\text{кг/м}^3$	Поправка на $1^\circ\text{C}$ , $\text{кг/м}^3$
700–710	0,893	831–840	0,725
711–720	0,884	841–850	0,712
721–730	0,870	851–860	0,699
731–740	0,857	861–870	0,686
741–750	0,844	871–880	0,673
751–760	0,831	881–890	0,660
761–770	0,818	891–900	0,647
771–780	0,805	901–910	0,633
781–790	0,792	911–920	0,620
791–800	0,778	921–930	0,607
801–810	0,765	931–940	0,594
811–820	0,752	941–950	0,581
821–830	0,738		

8) при определении денсиметром плотности нефтепродуктов, имеющих вязкость при 50 °С более 200 сСт, погружение денсиметра происходит очень медленно, поэтому такие нефтепродукты смешивают с равным объемом керосина, плотность которого измерена заранее. Перемешивают нефтепродукты до полной однородности и определяют плотность смеси таким же образом, как указано ранее.

Плотность вязкого нефтепродукта вычисляют по формуле

$$\rho_t = 2\rho_k - \rho_t^{\text{II}},$$

где  $\rho_t^{\text{I}}$  – плотность смеси;  $\rho_t^{\text{II}}$  – плотность керосина.

Если плотность керосина и смеси определялась при различных температурах, то производят пересчет плотностей, приводят их к одним и тем же температурным значениям и только после этого подставляют в формулу значения  $\rho_t^{\text{I}}$  и  $\rho_t^{\text{II}}$ .

### Заключение

#### *Содержание отчета о проделанной работе*

После завершения работы студенты должны представить отчет, в котором следует:

- 1) указать модели автомобилей, на которых можно применять испытуемое топливо;
- 2) дать краткое описание результатов определения качества образцов топлива простейшими способами;
- 3) показать схему прибора определения плотности нефтепродуктов и его краткое описание;
- 4) привести плотность испытуемого нефтепродукта к стандартной температуре +20 °С;
- 5) написать выводы о качестве и пригодности испытуемого топлива к эксплуатации;

При защите выводов о проделанной лабораторной работе студенты должны четко отвечать на контрольные вопросы:

1. Марки существующих бензинов и дизельных топлив, а также области их применения?
2. Как влияют непредельные углеводороды, находящиеся в бензине, на его качество?

3. Каким образом проявляется смолистость топлива на двигателе?
4. Каким образом могут оказаться в бензине водорастворимые кислоты и щелочи и как это влияет на качество топлива?
5. Для чего необходимо определять плотность топлив?

Кроме того, студенты должны уметь решать задачи об изменении расхода топлива при изменении температуры.

*Пример.* На склад ГСМ поступило  $V_1$ , л, топлива при  $t_1$ . Сколько автомобилей с емкостью бака  $V_2$ , л, можно будет заправить этим топливом при температуре  $t_2$ ?

*Решение.* Масса учтенного на складе топлива определяется по формулам

$$M_1 = V_1 \rho_1; M_2 = V_2 \rho_2.$$

Если  $M_1 = M_2$ , то  $V_1 \rho_1 = V_2 \rho_2$ , отсюда  $V_2 = V_1 \rho_1 / \rho_2$ .

#### *Оценка результатов испытания*

Плотность бензинов и дизельного топлива не нормируется. По этому показателю можно только ориентировочно судить о сорте топлива: бензины, керосины, дизельное топливо и т. д., так как часто различные топлива имеют одинаковую плотность.

Отчет о лабораторной работе  
«Ознакомление с ассортиментом топлив»

По результатам анализов заполнить таблицу (табл. 4) по указанной далее форме.

Таблица 4

Отчет по лабораторной работе

Цель работы	Основные показатели оцениваемого образца			
Результаты оценки	Наименование показателей	ГОСТ	Результаты проведенных анализов	Выводы по анализам и их влияние на работу двигателя
	Цвет			
	Прозрачность			
	Запах			
	Испаряемость			
	Наличие непредельных углеводородов			
	Наличие йодистого свинца			
	Определение смолистости и загрязненности			
Плотность				
Общие выводы (заключение) о пригодности образца к применению и его влиянию на работу двигателя				

Студент \_\_\_\_\_  
(уч. группа, Ф.И.О., подпись)

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ТОПЛИВА

**Внимание!** Работа по определению фракционного состава топлив является наиболее огнеопасной из всего лабораторного практикума, поэтому особое внимание нужно обратить:

- 1) на правильность сборки прибора;
- 2) на последовательность проведения испытания.

**Цели работы:**

- 1) получить представление о методе определения испаряемости топлив;
- 2) научить давать оценку эксплуатационным качествам топлив по их фракционному составу.

**Время** – два академических часа.

**Оборудование и материалы:**

- 1) прибор для определения фракционного состава топлива.....1 комплект;
- 2) колбонагреватель с реостатом .....1 комплект;
- 3) образец топлива .....100 мл;
- 4) термометр на 360 °С с делением через 1 °С .....1 шт.

**Задачи перед студентами при выполнении работы:**

- 1) определить объем выжигания топлива в зависимости от температуры его нагрева;
- 2) сравнить полученные результаты с требованиями стандарта.

**Вводная часть**

Основные теоретические понятия о фракционном составе топлива

**Фракция** – это часть топлива, которая выкипает в определенных температурных пределах.

**Фракционный состав** – это важнейший показатель топлива, выражающий зависимость между температурой и количеством топлива, перегоняемого при этой температуре.

Фракционный состав оценивается величинами температур перегонки топлива:

- 1) начала перегонки – 10 % топлива;
- 2) выкипания – 50 % топлива;
- 3) конца перегонки – 90 % топлива;
- 4) остатком в колбе топлива после перегонки – 10 % топлива.

По величине температуры перегонки 10 % топлива судят о его пусковых свойствах. Температура перегонки 50 % топлива характеризует испаряемость средних фракций, оказывающих влияние:

- на время прогрева двигателя;
- устойчивость его работы и приемистость;
- равномерное распределение топлива по цилиндрам.

По температуре перегонки 90 % топлива судят о наличии в нем тяжелых фракций. С повышением температуры выкипания 90 % топлива увеличивается его расход и происходит разжижение им масла в картере. Это вызывает повышенный износ деталей кривошипно-шатунного механизма.

Метод определения фракционного состава нефтепродуктов предназначается:

- для бензинов (за исключением газового);
- лигроина;
- керосина;
- дизельного топлива.

Прибор для определения фракционного состава нефтепродуктов

Прибор состоит (рис. 5):

- 1) из стеклянной колбы емкостью 125 мл с боковой отводной трубкой;
- 2) холодильника, выполненного в виде водяной ванны с проходящей в ней трубкой;
- 3) приемника конденсатомерного цилиндра на 100 мл;
- 4) малого цилиндра на 10 мл;
- 5) электроколбонагревателя с регулировочным реостатом;
- 6) термометра.

Стеклянная колба для уменьшения потерь тепла может быть помещена в жестяной кожух.

На колбонагреватель положена асбестовая прокладка с отверстием для дна колбы. При перегонке бензина диаметр отверстия должен быть равен 30 мм, а при перегонке керосинов и дизельного топлива – 50 мм.

При определении фракционного состава дизельного топлива в ванне холодильника должна быть проточная вода с температурой на выходе не выше +30 °С, а при испытании бензина – вода со льдом.

## Основная часть

### Содержание и порядок выполнения работы

1. **Меры безопасности.** Испытуемое топливо следует предварительно тщательно обезвоживать. Вода, попавшая вместе с нефтепродуктом в колбу, приведет при перегонке к мгновенному вскипанию и выбросу содержимого через горло колбы и почти неминуемому пожару. Топливо обезвоживается отстаиванием перед занятием и обрабатывается хлористым кальцием. Студент, начиная работу, обязан проверить отсутствие следов воды и мути на дне склянки с образцом топлива. При обнаружении их образец к испытанию не допускается.

2. Сухим и чистым измерительным цилиндром (см. рис. 5) отмерить 100 мл обезвоженного топлива и осторожно перелить его в колбу 3, следя за тем, чтобы оно не попало в отводную трубку колбы 7. Для этого нужно держать колбу отводной трубкой вверх. Испытуемый продукт должен иметь температуру  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ .

3. В шейку колбы с топливом вставить термометр 6, вмонтированный в плотно пригнанную пробку так, чтобы ось термометра совпала с осью шейки колбы, а верхний край ртутного шарика термометра находился на уровне нижнего края отводной трубки в месте припоя.

4. Отводную трубку 7 колбы соединить с верхним концом трубки 8 холодильника при помощи плотно пригнанной пробки так, чтобы отводная трубка колбы входила в трубку холодильника на 25–50 мм и не касалась стенок последней.

5. На колбу 3 с бензином надеть термозащитный металлический кожух 5.

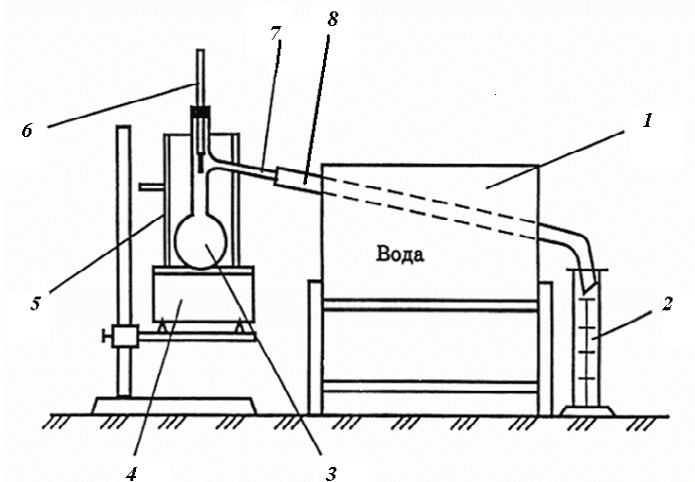


Рис. 5. Схема установки для фракционной перегонки светлых нефтепродуктов: 1 – холодильник; 2 – мерный цилиндр; 3 – колба с отводной трубкой; 4 – электроплитка; 5 – металлический кожух; 6 – термометр; 7 – отводная трубка; 8 – трубка холодильника

6. Измерительный цилиндр 2, которым отмерялось испытуемое топливо, не высушивая, поставить так, чтобы сливная трубка холодильника входила в цилиндр не менее чем на 25 мм, но не ниже метки 100 мм и не касалась бы его стенок. Отверстие цилиндра прикрыть сверху ватой или листом фильтровальной бумаги.

7. Заполнить холодильник водой и поддерживать ее уровень постоянным немного выше сливного отверстия. Циркуляция воды должна быть постоянной.

8. Определить барометрическое давление.

9. Заготовить табл. 4 для записи результатов испытаний.

10. Отрегулировать нагрев колбы так, чтобы первая капля дистиллята упала из трубки холодильника в мерный цилиндр не ранее, чем через 5 и не позже, чем через 10 минут после начала нагревания.

11. Записать температуру падения первой капли как температуру начала перегонки в табл. 4.

12. После падения первой капли перегонку вести с равномерной скоростью 4–5 мл в минуту (2–2,5 капли в секунду), измерительный ци-

линдр пододвинуть к концу трубки холодильника так, чтобы дистиллят стекал по стенке цилиндра.

13. Записать температуры, соответствующие моментам, когда уровень жидкости в мерном цилиндре доходит до делений, соответствующих 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % от первоначально взятого количества бензина 100 мл.

14. После того как уровень бензина в цилиндре достигнет 90 мл, усилить нагрев колбы так, чтобы до конца разгонки оставалось от 3 до 5 мин.

15. Записать температуру конца перегонки. Для автомобильных бензинов моментом конца перегонки считается момент, когда ртутный столбик термометра после некоторой остановки на какой-то высоте начнет опускаться. Максимальную температуру, показанную термометром, записывают как температуру конца перегонки. Дизельное топливо отгонять после отгона 96 %, лигроин и керосин – 98 %.

16. После окончания перегонки выключить нагрев колбы, дать ей остыть, слить воду из холодильника и разобрать прибор.

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

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

19. Привести температуры к нормальному барометрическому давлению по формуле

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

где  $T_{\text{зам}}$  – замеренная температура;  $C = 0,00009 (101,3 \cdot 10^3 - p) (273 + T_{\text{зам}})$ , или  $C = 0,00012 (760 - p_1) (273 + T_{\text{зам}})$  – поправка на барометрическое давление;  $p$  – барометрическое давление, Па;  $p_1$  – барометрическое давление, мм рт. ст.

В табл. 5 приведено приближенное значение поправок, вычисленных по приведенной формуле.

Поправки прибавляются в случае, когда барометрическое давление ниже 100000 Па (750 мм рт. ст.), и вычитаются, когда давление выше 102600 Па (770 мм рт. ст.). При барометрическом давлении 100000–102600 Па (750–770 мм рт. ст.) поправки не вносят.

Таблица 5

## Величина поправок на барометрическое давление

Температурные пределы, °С	Поправка, °С, на разность в давлении на каждые	
	10 <sup>3</sup> Па	10 мм рт. ст.
10–30	0,26	0,35
31–50	0,29	0,38
51–70	0,30	0,40
71–90	0,32	0,42
91–110	0,34	0,45
111–130	0,35	0,47
131–150	0,38	0,50
151–170	0,39	0,52
171–190	0,41	0,54
191–210	0,43	0,57
211–230	0,44	0,59
231–250	0,46	0,62
251–270	0,48	0,64
271–290	0,50	0,66
291–310	0,52	0,69
311–330	0,53	0,71
331–350	0,56	0,74
351–370	0,57	0,76
371–390	0,59	0,78
391–410	0,60	0,81

Результаты опыта заносятся в табл. 6.

## Результаты опыта

Таблица 6

Начало перегонки	Температура, °С									Конец перегонки	Количество, %	
	Выкипание, %										Остаток в колбе, %	Потери, %
	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

## Оценка результатов испытания

1. На бумаге в соответствии с масштабом вычертить график перегонки испытуемого образца топлива в координатах: количество перегнанного топлива (объемные проценты) – температура (рис. 6).

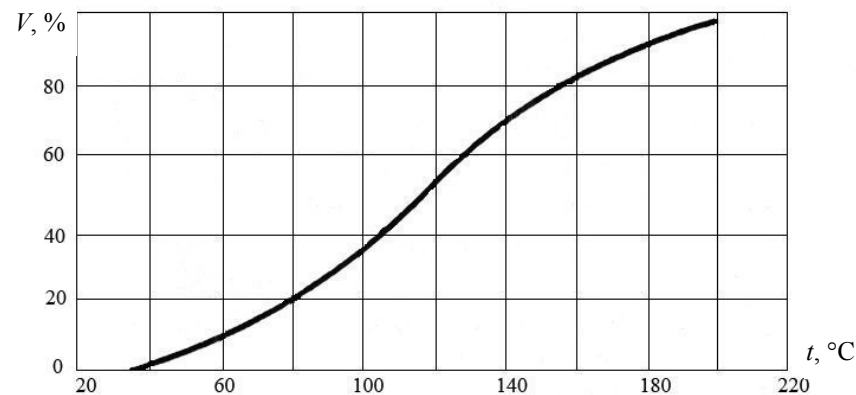


Рис. 6. Фракционный состав бензина

Полученные результаты необходимо сравнить с нормами по ГОСТ 2084–77, т. е. с кривыми фракционного состава типовых сортов топлива. Необходимо учитывать, что кривые этих топлив (рис. 7) дают предельные значения фракционного состава.

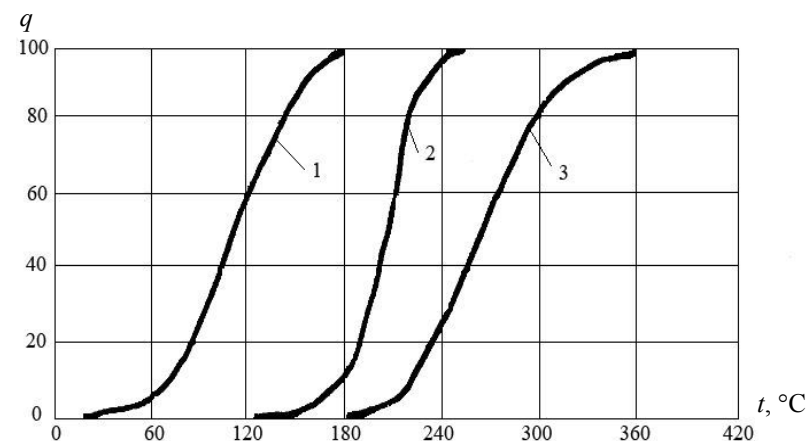


Рис. 7. Кривые фракционного состава типовых топлив: 1 – бензина; 2 – керосина; 3 – дизельного топлива;  $q$  – количество перегнанного топлива, %;  $t$  – температура перегонки фракций, °С

2. Установив сорт топлива, сравнить полуденные характерные точки фракционного состава с требованиями стандартов и сделать вывод о соответствии топлива по этому показателю техническим нормам.

По ГОСТ 2084–77 или ТУ 38001165–97 допускается отклонение данных фракционного состава автомобильных бензинов от нормы в сторону повышения для температуры:

перегонки 10 % на 1 °С;

перегонки 50 % на 2 °С;

перегонки 90 % на 2 °С;

конца перегонки на 3 °С.

Допускается также увеличение остатка в колбе на 0,3 %;

3. По номограмме (рис. 8) определить эксплуатационную оценку бензина и сделать выводы по форме, приведенной в табл. 7.

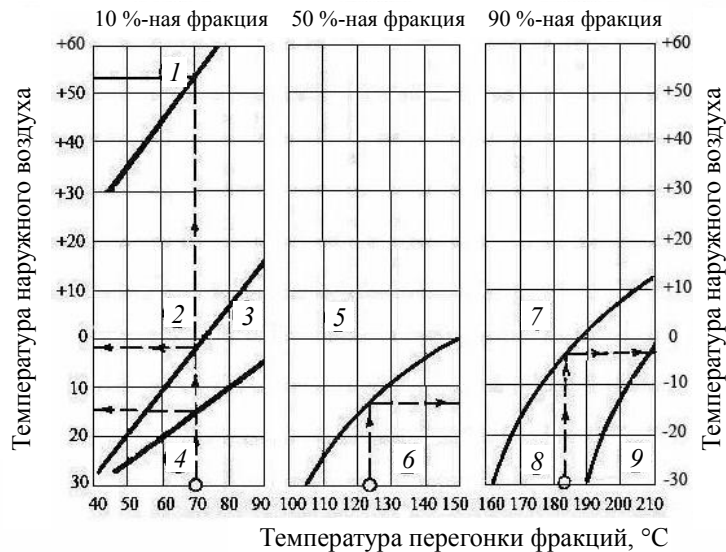


Рис. 8. Номограмма для эксплуатационной оценки карбюраторных топлив: области: 1 – возможного образования паровых пробок; 2 – легкого пуска двигателя; 3 – затрудненного пуска двигателя; 4 – практически невозможного пуска двигателя; 5 – хорошей приемистости и неустойчивой работы двигателя; 6 – плохой приемистости и неустойчивой работы двигателя; 7 – незначительного разжижения масла в картере; 8 – заметного разжижения масла; 9 – интенсивного разжижения масла в картере

### Эксплуатационная оценка бензина

Температура наружного воздуха, °С, при которой возможно:	$t, ^\circ\text{C}$	Выводы из оценки бензина о его влиянии на работу двигателя
образование паровых пробок		
обеспечение легкого пуска двигателя		
обеспечение затрудненного пуска двигателя		
обеспечение быстрого прогрева и хорошей приемистости		
незначительное разжижение масла в картере		
заметное разжижение масла в картере		

### Заключение об эксплуатационных качествах бензина

По данным фракционного состава бензина можно сделать важные заключения о работе карбюраторного двигателя на данном топливе. Для этой цели предлагается ряд эмпирических формул и графики (см. рис. 8 и рис. 9), разработанные на основании ряда исследований и данных практики.

1. Температура воздуха, °С, выше которой можно ожидать перебои в работе двигателя из-за образования паровоздушных пробок,

$$t_{п.п} = 1,85t_{10\%} - 59.$$

2. Температура воздуха, выше которой возможны: легкий пуск холодного двигателя

$$t_{п.п} = t_{10\%}/1,25 - 59;$$

удовлетворительный пуск двигателя



$$t_{\text{уд.п.}} = 0,679 \cdot t_{10\%} - 68,5 - 0,9 \sqrt{S},$$

где  $S = (t_{\text{н.п.}} - t_{\text{н.п.}}) / 10$ .

3. Температура воздуха, ниже которой практически невозможен пуск холодного двигателя,

$$T_{\text{н.п.}} = 0,657 \cdot t_{10\%} - 68,5 - 0,9 \sqrt{S} \text{ или } t_{\text{н.п.}} = 0,5 t_{10\%} - 50,5.$$

4. Температура горючей смеси во впускном трубопроводе, при которой заканчивается прогрев двигателя,

$$T_{\text{пр}} = 0,5(t_{50\%} - 60) \text{ или } t_{\text{пр}} = (t_{50\%} - 60) / 2.$$

5. Изменение динамичности автомобиля, %, по сравнению с условно нормальной

$$\Delta D = 100 - 0,5(t_{50\%} - 90).$$

6. Изменение рабочего износа двигателя, %, по сравнению с нормальным износом

$$\Delta \text{Изн} = 100 + 0,03(t_{90\%} - 160)^2.$$

На рис. 8 представлены кривые, выражающие зависимость пусковых качеств бензина, его способности обеспечивать достаточную приемистость двигателя, образовывать паровые пробки и разжижать масло в картере от значений характерных точек фракционного состава и температуры окружающего воздуха.

При пользовании этой номограммой по оси абсцисс наносят температуры перегонки 10 %-ного, 50 %-ного и 90 %-ного бензина и, восстанавливая из них перпендикуляры до пересечения с соответствующими кривыми, отмечают на оси ординат предельные температуры воздуха для применения испытуемого топлива.

Например, используя график фракционного состава бензина (см. рис. 6), получают следующие показатели:  $t_{10\%} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{50\%} = 115 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{90\%} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В этом случае наблюдается следующее:

образование паровых пробок можно ожидать при температуре воздуха выше  $+25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

легкий пуск холодного двигателя (1–2 оборота коленчатого вала со скоростью 35–45 об/мин) возможен при температуре ниже  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  (от  $-110 \text{ }^\circ\text{C}$ );

легкий пуск двигателя без предварительного подогрева практически возможен лишь при температуре воздуха выше  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

хорошая приемистость двигателя, работающего на данном топливе, будет при температурах воздуха до  $-3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

при температуре воздуха ниже  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  можно ожидать интенсивного разжижения картерного масла, а при температуре воздуха выше  $+2 \text{ }^\circ\text{C}$  разжижение масла в картере будет незначительным.

По графику (см. рис. 9), выражающему зависимость износов двигателя от температуры конца перегонки применяемого топлива, можно судить, как изменяются износы при переходе двигателя с работы на стандартном бензине А-66 на испытуемое топливо. По этой же номограмме можно судить о расходе данного топлива по сравнению с расходом стандартного бензина.

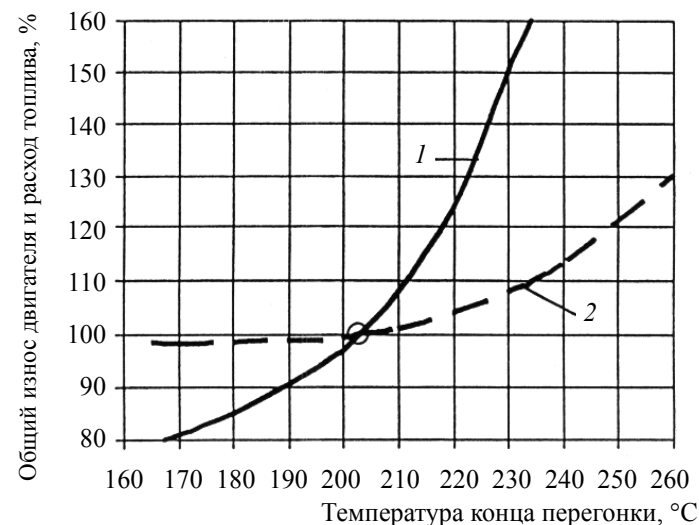


Рис. 9. График зависимости износа двигателя и расхода топлива от температуры конца перегонки

## Закключение

### об эксплуатационных качествах дизельного топлива

Фракционный состав дизельного топлива при испарении его в дизелях из-за специфичности смесеобразования не играет столь важной роли, как в карбюраторном двигателе, поэтому по фракционному составу дизельного топлива (табл. 8) нельзя дать развернутой оценки работы двигателя.

По фракционному составу можно ориентировочно судить о пусковых качествах и возможном отклонении расхода дизельного топлива от принятых норм, поэтому в отличие от карбюраторных топлив о пусковых качествах дизельного топлива судят не по температуре 10 %-ной точки, а по температуре перегонки 50 %-ной фракции. С этой же температурой связывается и величина возможного отклонения расхода топлива от норм. Определить пусковые качества и расход дизельного топлива по температуре перегонки 50 %-ной фракции можно по графику (рис. 10).

Таблица 8

#### Основные показатели дизельных топлив

Показатель	Марка ДТ		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45		
Температура застывания, °С, не выше	- 10	- 35	- 55
Температура помутнения, °С, не выше	- 5	- 25	-
Температура вспышки, °С, не ниже	50	35	30
Вязкость при температуре 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Фракционный состав, °С, не выше:			
50 % при t, °С	280	280	255
96 % при t, °С	360	340	330
Содержание фактических смол, мг/100 мл	40	30	30

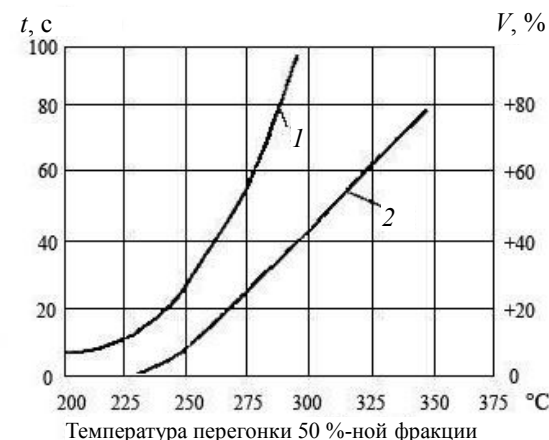


Рис. 10. График для определения пусковых качеств и расхода дизельного топлива:  
1 – время проворачивания двигателя;  
2 – расход топлива

Данные, приведенные на графике (см. рис. 10), характерны для температур воздуха выше нуля. При минусовых температурах время, потребное для пуска дизеля, и расход топлива увеличатся по сравнению с приведенными величинами.

По данным фракционного состава и плотности можно ориентировочно судить о цетановом числе дизельного топлива.

$$\text{ЦЧ} = (1,5879(v + 17,8)) / \rho_{20} \quad \text{ЦЧ} = (t_{\text{cp}} - 58) / 0,005 \cdot \rho_{15}$$

$$\text{ЦЧ} = 20,82 (0,5 \cdot t_{10} + 0,53 \cdot t_{50} + 0,17 \cdot t_{90})^{1/3} + (2,605 \cdot \rho_{20} \cdot 10^{-3}) / (0,5 \cdot t_{10} + 0,53 \cdot t_{50} + 0,17 \cdot t_{90})^{1/3}$$

где  $\rho_{20}$  – плотность топлива при 20 °С, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – кинематическая вязкость топлива при 20 °С, сСт ( $v_{20} \approx 3-5$  сСт);  $t_{\text{cp}} = (t_{\text{нп}} - t_{\text{нп}}) / 2$ , °С – средняя температура кипения топлива;  $t_{\text{нп}}$  – температура начала каплепадения;  $\rho_{15}$  – плотность топлива при 15 °С, кг/м<sup>3</sup>;  $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ,  $t_{90}$  – предельная температура перегонки топлива, °С.

Таким образом, наиболее рациональная эмпирическая формула определения цетанового числа будет иметь вид

$$\text{ЦЧ} = (t_{\text{cp}} - 58) \cdot 10000 / 5 \cdot \rho_{20}$$

Ошибка в значении цетанового числа, вычисленного по этой формуле, может достигать от 2 до 5 единиц цетановой шкалы.

### Заключение

Оценка результатов испытания и содержание отчета о проделанной работе

После завершения работы студенты должны представлять отчет, в котором следует выполнить и показать следующее:

1. Указать, что выражает показатель фракционного состава топлива и каково его влияние на работу автомобильного двигателя.
2. Вычертить схему опытной установки и дать ее описание.
3. Описать методику проведения работы.
4. Начертить таблицу с результатами опыта.
5. Полученные экспериментальные результаты показать в сравнении с требованиями стандарта.
6. Как главный вывод дать заключение о годности испытуемого топлива к применению в эксплуатации на двигателях внутреннего сгорания.

При защите главного вывода о проделанной лабораторной работе студенты должны четко ответить на следующие контрольные вопросы:

1. Как влияет фракционный состав бензина на экономичность работы карбюраторного двигателя и по каким показателям он оценивается?
2. Как влияет фракционный состав дизельного топлива на экономичность работы дизельного двигателя?
3. Чем отличаются летние и зимние сорта бензинов и дизельных топлив?
4. Как влияет температура конца перегонки на работу двигателя внутреннего сгорания?
5. Какие факторы определяют нормальное и детонационное сгорание рабочей смеси в двигателе?
6. Какие существуют показатели, определяющие физическую и химическую стабильность бензинов?

## Отчет о лабораторной работе «Ознакомление с ассортиментом топлив»

По результатам анализов следует заполнить таблицу по приведенной форме (табл. 9).

Таблица 9

### Отчет по лабораторной работе

Цель работы	Основные показатели оцениваемого образца			
	Наименование показателей	ГОСТ	Результаты проведенных анализов	Выводы по анализам и их влияние на работу двигателя
Результаты оценки	Октановое (цетановое) число			
	Плотность при +20 °С, кг/м <sup>3</sup>			
	Фракционный состав: начало перегонки, °С 10 % при t, °С 50 % при t, °С 90 % при t, °С 96 % при t, °С конец перегонки при t, °С остаток в колбе, % потери при перегонке, %			
	Общие выводы по применению образца и его влияние на работу двигателя			

Студент \_\_\_\_\_  
(уч. группа, Ф.И.О., подпись)

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА

#### Цели работы:

- 1) дать представление студентам о методе оценки детонационной стойкости бензина на моторной установке ИТ-9-2;
- 2) показать влияние различных факторов на возникновение и интенсивность детонации в двигателях внутреннего сгорания.

**Время** – два академических часа.

#### Оборудование и материалы:

- 1) моторная установка ИТ-9-2..... 1 комплект;
- 2) испытуемый бензин.....1,5 л;
- 3) набор эталонных топлив ..... по 0,5 л.

#### Задачи перед студентами при выполнении работы:

Оценить влияние различных факторов на интенсивность детонации, таких как-то:

- 1) степень сжатия;
- 2) состав горючей смеси;
- 3) угол опережения зажигания;
- 4) температура горючей смеси;
- 5) детонационная стойкость бензина.

### Вводная часть

#### Основные понятия

1. *Октановым числом (ОЧ)* бензина называется показатель его детонационной стойкости, численно равный процентному (по объему) содержанию изооктана в такой смеси с нормальным гептаном, который при стандартных условиях испытания в специальном двигателе детонирует так же, как и испытуемый бензин.

2. *Детонация* – это процесс когда степень сжатия в цилиндре двигателя становится больше допустимой, и при этом скорость сгорания рабочей смеси резко возрастает и достигает больше 2000 м/с.

3. *Степень сжатия  $\epsilon$*  – это есть отношение полного объема к объему камеры сгорания, т. е. безразмерная величина, которая показывает, во сколько раз сжимается рабочая смесь, поступившая в полный цилиндр, когда поршень находится в нижней мертвой точке (НМТ), к тому положению поршня, когда он будет в верхней мертвой точке (ВМТ).

Средняя величина степени сжатия зависит:

- от числа оборотов коленчатого вала;
- размеров цилиндра;
- интенсивности охлаждения;
- формы камеры сгорания;
- конструктивных особенностей двигателя.

В карбюраторных двигателях степень сжатия  $\epsilon_{\text{кар}}$  должна быть такой, чтобы температура рабочей смеси в конце сжатия не была больше температуры самовоспламенения бензина.

Степень сжатия воздуха в дизельных двигателях  $\epsilon_{\text{диз}}$  должна быть такой, чтобы температура сжимаемого воздуха в цилиндре была больше температуры самовоспламенения дизельного топлива, поэтому степень сжатия находится в пределах от 17 до 22.

Для определения октановых чисел автомобильных бензинов применяют моторный метод с использованием установки ИТ-9-2.

### Конструкция моторной установки ИТ-9-2

Установка состоит из следующих основных частей (рис. 11):

- 1) одноцилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя с переменной степенью сжатия ( $\epsilon = 4-10$ );
- 2) электрода переменного тока, соединенного ременной передачей с маховиком двигателя, служащего для пуска и стабилизации числа оборотов установки;
- 3) генератора постоянного тока на 110 В, предназначенного для питания приборов;
- 4) конденсационного бачка системы охлаждения со змеевиком, охлаждаемой проточной водой, проходящей через головку блока и стенки цилиндра;
- 5) электромеханического датчика детонации с нагревательной спиралью и термоэлементом в ней, получающего питание от генератора постоянного тока;
- 6) магнето для осуществления зажигания бензовоздушной смеси, на щитке которого есть указатель угла опережения зажигания с неоновым индикатором.

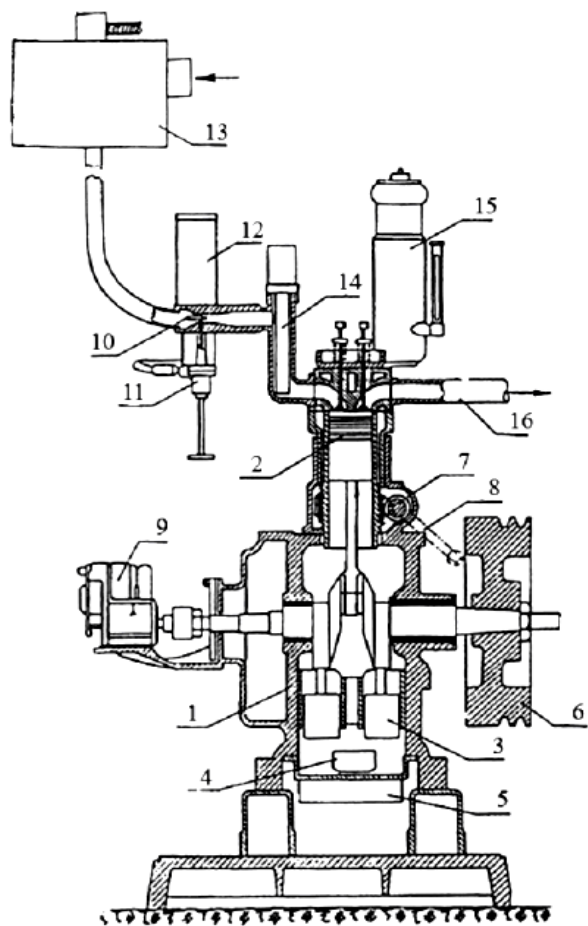


Рис. 11. Схема установки ИТ-9-2:

1 – картер; 2 – поршень; 3 – поршни-противовесы; 4 – маслосос; 5 – электроподогреватель масла; 6 – маховик; 7 – червячный механизм передвижения цилиндра; 8 – рукоятка червячного механизма передвижения; 9 – магнето; 10 – диффузор и жиклер карбюратора; 11 – трехходовой кран; 12 – топливный бачок; 13 – воздушный бачок с электроподогревателем воздуха; 14 – электроподогреватель топливовоздушной смеси; 15 – конденсационный бачок системы охлаждения; 16 – выпускная труба

вой лампой, так как при изменении степени сжатия автоматически изменяется угол опережения зажигания;

7) пульты управления с указателем оценки интенсивности детонации и другими приборами, а также с ручками управления;

8) системы смазки (принудительная). Масло марки МС-20 подается из картера через масляный фильтр;

9) карбюратора с тремя поплавковыми камерами в виде бачков с бензином, жиклерами и распылителем.

### Принцип действия моторной установки ИТ-9-2

*Измерение степени сжатия  $\epsilon$*  осуществляется путем перемещения цилиндра, изготовленного за одно целое с головкой, в вертикальном направлении. В результате этого изменяется объем камеры сгорания, а, следовательно, и степень сжатия.

Изменение положения цилиндра производят с помощью червячной передачи, приводимой в действие рукояткой. Величину степени сжатия измеряют специальным микрометром.

Поплавковые камеры вместе с бачками можно поднимать или опускать с помощью микрометрических винтов. Это позволяет *изменять состав горючей смеси*: при подъеме бачка смесь обогащается, а при опускании обедняется. Изменяя таким образом состав смеси, добиваются максимума интенсивности детонации. Трехходовый кран позволяет питать карбюратор топливом из любого бачка. Детонационное сгорание в двигателе возникает в результате предпламенных окислительных процессов в несгоревшей части смеси. Скорость развития этих процессов зависит от режима работы двигателя.

Интенсивность детонации в двигателе измеряют с помощью электро-ромеханического датчика. В систему замера также входят:

- генератор постоянного тока;
- компенсационный мостик с реостатами;
- тепловой элемент и указатель детонации (рис. 12).

*Датчик детонации* состоит из полого цилиндра, ввертываемого в головку двигателя, с находящимся внутри стальным стержнем. Нижний конец стержня опирается на стальную упругую мембрану толщиной 0,35 мм, зажатую в корпусе монтажной гайкой, а над верхним концом расположены пластинчатые электроконтакты.

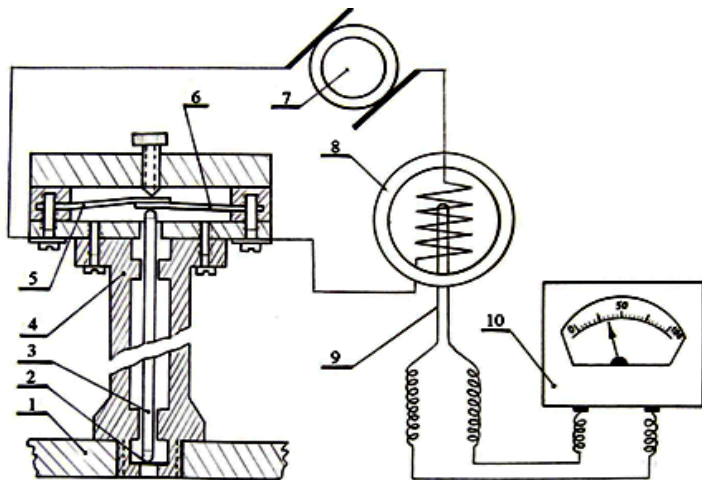


Рис. 12. Принципиальная схема приборов для регистрации интенсивности детонации:

1 – головка двигателя; 2 – мембрана; 3 – стержень; 4 – корпус датчика детонации; 5 – верхний контакт; 6 – нижний контакт; 7 – генератор постоянного тока; 8 – теплоэлемент с нагревательной спиралью; 9 – термопара; 10 – указатель детонации

Для карбюраторных двигателей  $\varepsilon = 6-10$ ; для дизельных  $\varepsilon = 17-22$ .

### Опережение зажигания

В цилиндрах работающего двигателя до начала рабочего хода рабочая смесь должна сгореть полностью, т. е. рабочий ход должен начаться в тот момент, когда днище поршня будет находиться в ВМТ. В силу этого, когда давление сгоревших газов используется полностью с начала рабочего хода поршня, мощность двигателя возрастает до максимальной.

Для достижения этой цели необходимо воспламенять рабочую смесь при такте сжатия тогда, когда поршень до ВМТ еще не доходит на такое расстояние, за время прохождения которого произойдет полное сгорание рабочей смеси с образованием расширяющихся газов.

Этот недовод поршня до ВМТ в момент воспламенения рабочей смеси искровым разрядом называется опережением зажигания и наглядно будет измеряться углом  $\varphi$  между кривошипом и центральной осью движения поршня в цилиндре (рис. 13).

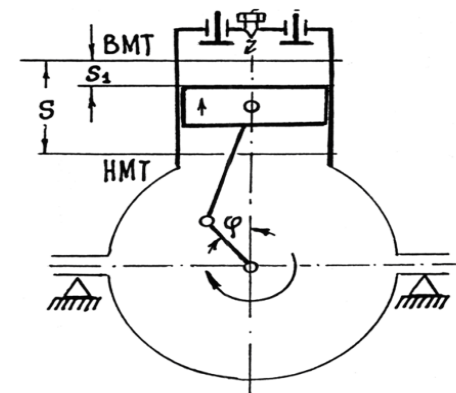


Рис. 13. Схема оптимального угла опережения зажигания

Этот угол  $\varphi$  называется углом опережения зажигания, и зависит от следующих параметров:  $n$ ,  $P$ ,  $v_{cr}$ .

$$\varphi = f(n, P, v_{cr}),$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала;  $P$  – нагрузка на двигатель;  $v_{cr}$  – скорость сгорания горючей смеси.

Чем больше угол опережения зажигания, тем больше детонация, так как скорость сгорания рабочей смеси низкая. Чем меньше угол опережения зажигания, тем детонация меньше так как скорость сгорания рабочей смеси высокая.

Сущность определения октанового числа заключается в сравнении детонационной стойкости испытуемого бензина с детонационной стойкостью эталонных топлив с известным октановым числом на моторной установке ИТ-9-2.

Первичными эталонами являются:

изооктан ( $C_8H_{18}$  – триметилпентан) с октановым числом, равным 100; нормальный гептан ( $C_7H_{16}$ ) с октановым числом, равным 0.

Для текущей работы обычно используются вторичные, более дешевые, эталоны:

технический эталонный изооктан (ОЧ = 98 + 99);

эталонный бензин Б-70 (ОЧ  $\approx$  70);

эталонный уайт-спирит (ОЧ  $\approx$  22–27).

## Принцип действия датчика детонации

При нормальном сгорании давление, возникающее в цилиндре двигателя, не в состоянии преодолеть упругость мембраны датчика детонации и вызвать ее колебание. Цепь тока, вырабатываемого генератором, будет все время разомкнута, и стрелка указателя детонации (УД) будет неподвижна.

При детонации стальная мембрана под действием детонационных волн прогибается, стержень движется вверх, замыкает контакты пластичных пружин, через которые начинает протекать электрический ток, поступающий через дополнительные сопротивления в спираль теплового элемента. Спираль нагревает трубу с расположенной внутри нее термопарой (табл. 10).

Таблица 10

### Рабочий режим моторной установки ИТ-9-2 при определении октановых чисел бензина по моторному методу

Параметры двигателя	Показатели
Число оборотов, об/мин	900 ± 10
Температура охлаждающей воды, °С	100 ± 2
Температура воздуха на впуске, °С	40–50
Температура смеси, °С	149 ± 1
Угол опережения зажигания, град	Переменный; при $\varepsilon = 5$ равен 26° до ВМТ
Температура масла в картере, °С	50–70

Чем выше будет интенсивность детонации, тем больше времени контакты пластичных пружин будут находиться в замкнутом состоянии. Следовательно, электрический ток через спираль будет проходить по времени дольше, и температура нагрева спирали будет возрастать. Чем выше будет нагрев термопары, находящейся внутри спирали, тем меньше будет ее сопротивление, поэтому электродвижущая сила в ней будет возрастать. От этого стрелка указателя детонации отклонится на больший угол от своего неподвижного состояния. Указатель детонации представляет собой обычный гальванометр, шкала которого градуирована на 100 равных безразмерных делений.

## Основная часть

### Порядок выполнения работы

1. Включить электрический подогреватель масла в картере двигателя до температуры 55–60 °С.
2. Включить подачу воды в конденсатор паров системы охлаждения.
3. Проверить состояние систем моторной установки: все ручки управления на пульте включить; трехходовый кран подачи топлива поставить в нейтральное положение; степень сжатия установить на величине не более 4,0; систему газораспределения (коромысла, толкатели, клапаны и т. д.) смазать маслом с помощью пипетки.
4. Проверить, нет ли посторонних предметов в зоне ременной передачи.
5. Удалить студентов от ограждения моторной установки.

### Пуск двигателя

1. Нажатием на кнопку «Пуск» включить электромотор. Коленчатый вал двигателя начнет вращение.
2. Включить подачу бензина из бачка 1, в котором должен быть залит бензин Б-70 или А-76(72).
3. После того, как масляный автомат включит подогреватели воздуха и смеси, включить зажигание. При этом должна загореться неоновая лампочка на лимбе у магнето.
4. Дать время двигателю прогреться до рабочего состояния.

### Оценка влияния факторов на интенсивность детонации

#### Оценка влияния степени сжатия:

1. Постепенно уменьшая камеру сгорания на установке ИТ-9-2 с помощью червячного механизма передвижения цилиндра, увеличить

степень сжатия до тех пор, пока стрелка указателя детонации не покажет  $55 \pm 3$  деления. Такая интенсивность детонации называется *стандартной*.

2. Установленную степень сжатия сохранять неизменной в течение всего дальнейшего испытания.

3. После этого степень сжатия начнут уменьшать до полного исчезновения детонационных стуков.

*Выводы:*

1. Таким образом, изменение степени сжатия производится с головкой блока двигателя в вертикальном направлении с помощью ручной червячной передачи. В результате этого изменяется объем камеры сгорания, а следовательно, и степень сжатия.

2. С увеличением степени сжатия возникает детонация, которая в дальнейшем усиливается.

3. При уменьшении степени сжатия детонация ослабевает вплоть до полного исчезновения.

*Оценка влияния угла опережения зажигания:*

1. Удалить соединительный болт между тягой и рычажком прерывателя магнето.

2. Вручную передвинуть рычажок прерывателя вверх-вниз, при этом будет изменяться угол опережения зажигания.

*Выводы:*

1. При малом угле опережения зажигания детонационные стуки в двигателе исчезают, т. е. детонация ослабевает.

2. При увеличении угла опережения зажигания детонационные стуки в двигателе возникают вновь, т. е. детонация усиливается.

3. Следовательно, надежным средством устранения детонации в автомобильных двигателях является уменьшение угла опережения зажигания с помощью октан-корректора.

*Оценка влияния температуры горючей смеси:*

1. Включить указатель детонации до стабилизации его показаний.

2. Отметить температуру смеси перед поступлением ее в цилиндр.

3. Выключить подогреватель смеси, для чего вынуть штепсельную вилку подогревателя из розетки. При этом температура смеси начнет

медленно снижаться. Через некоторое время стрелка на указателе детонации будет отклоняться влево, т. е. начнут уменьшаться показания температуры горючей смеси.

4. Вновь включить подогреватель, наблюдать за стрелкой указателя детонации, которая по мере повышения температуры горючей смеси начнет отклоняться вправо.

*Выводы:*

1. С повышением температуры смеси интенсивность детонации возрастает.

2. Со снижением температуры смеси интенсивность детонации ослабевает.

*Оценка влияния состава горючей смеси:*

1. Путем вращения рукоятки, соединенной с червячной передачей передвижения цилиндра вверх-вниз, установить такую степень сжатия, которая обеспечивает ясно слышимые детонационные стуки.

2. С помощью вращения микрометрических винтов менять положение бачка 1 (см. рис. 11) таким образом, чтобы при крайнем нижнем положении бачка (смесь бедная) и при крайнем верхнем положении (смесь богатая) детонационные стуки стали бы пропадать. Затем вернуть бачок в то положение, при котором наблюдается максимальная интенсивность детонации.

3. По промежуточному положению бачка 1 (1,6–2,0 делений контрольной стеклянной трубки) установить максимальную интенсивность детонации.

*Выводы:*

1. Очень бедная и очень богатая горючие смеси детонацию в двигателе не вызывают.

2. Максимальная интенсивность детонации наблюдается при коэффициенте избытка воздуха в смеси  $\lambda = 0,83-1,03$ , т. е. когда смесь имеет стехиометрический состав.

*Оценка влияния детонационной стойкости топлива:*

1. Выключить указатель детонации.

2. В бачок № 2 (см. рис. 11) налить уайт-спирит (ОЧ = 20–25).

3. В бачок № 3 налить технический изооктан (ОЧ = 98–99).



4. Попеременно начать питать двигатель топливами из разных бычков.  
 5. Отметить при наблюдении, что при подаче в цилиндре уайт-спирита из бачка № 2 детонация в двигателе резко возрастает, достигая опасных величин, так как антидетонационная стойкость уайт-спирита низкая, а октановое число составляет только 20–25 единиц.

6. При подаче в цилиндр технического изооктана из бачка № 3 детонация в двигателе исчезает полностью, так как его антидетонационная стойкость очень высокая и октановое число составляет 98–99 ед.

*Выводы:*

1. Антидетонационная стойкость топлива может быть слабой или очень сильной.

2. Когда октановое число топлива низкое, то антидетонационная стойкость его низкая.

3. Когда октановое число топлива высокое, то антидетонационная стойкость его высокая.

Определение октанового числа бензина:

1. Промыть бачок № 1 от старого топлива.

2. Залить в бачок № 1 испытуемый бензин.

3. Запустить двигатель и проделать все действия по описанной методике (см. табл. 10):

поднимая или опуская бачок с испытуемым бензином, найти положение, при котором состав горючей смеси обеспечивает максимальную интенсивность детонации в двигателе;

изменяя степень сжатия, добиться «стандартной» интенсивности детонации ( $55 \pm 3$  деления шкалы указателя детонации);

с помощью микрометра установить, какая при этом будет степень сжатия.

4. Используя табл. 11 зависимости степени сжатия двигателя ИТ-9-2 от октанового числа бензина при стандартной интенсивности детонации найти ориентировочное октановое число испытуемого бензина. Для этого подбирать две смеси эталонных топлив:

одну с октановым числом на 1–2 единицы выше найденного ориентировочного октанового числа испытуемого бензина, а другую на 1–2 единицы ниже;

эти две смеси залить соответственно в бачки № 2 и 3.

5. Для этих эталонных смесей подобрать (найти) положение бачков, обеспечивающих максимальную интенсивность детонации.

6. Попеременно подать в двигатель испытуемый бензин и эталонные смеси.

7. Отметить для них показания указателя детонации.

8. Для надежности результатов измерения эту операцию проделать трижды и взять среднеарифметическое значение показаний указателя детонации.

*Таблица 11*

**Зависимость степени сжатия двигателя ИТ-9-2 от октанового числа бензина при стандартной интенсивности детонации (барометрическое давление – 760 мм рт. ст.)**

Показания микрометра, мм	Степень сжатия	Октановое число	Показания микрометра, мм	Степень сжатия	Октановое число
10,5	5,13	64	13,25	5,6	75
10,65	5,16	65	13,5	5,65	16
10,9	5,20	66	13,8	5,71	77
11,2	5,24	67	14,15	5,77	78
11,45	5,28	68	14,4	5,83	79
11,6	5,31	69	14,7	5,90	80
11,9	5,35	70	15,1	5,97	81
12,1	5,39	71	15,4	6,04	82
12,4	5,45	72	15,7	6,77	83
12,65	5,49	73	16,1	6,20	84
12,9	5,54	74	16,5	6,28	85

Если эталонные смеси были подобраны правильно, показания указателя детонации для испытуемого топлива должны оказаться между показаниями для эталонных смесей. В противном случае необходимо одно из эталонных топлив заменить на смесь с иным октановым числом с таким расчетом, чтобы «взять в вилку» испытуемый бензин.

Октановое число испытуемого бензина подсчитывают по формуле

$$A_x = A_1 + (A_2 - A_1) (a_1 - a_x) / (a_1 - a_2),$$

где  $A_1$  – октановое число смеси эталонов с худшей детонационной стойкостью;  $A_2$  – октановое число смеси эталонов с лучшей детонационной стойкостью;  $a_1$  – показания указателя детонации при работе двигателя на эталоне с октановым числом  $A_1$ ;  $a_2$  – показания указателя детонации при работе двигателя на эталоне с октановым числом  $A_2$ .

Октановое число автомобильных бензинов округляют до ближайшего целого числа, а авиационных – выражают с точностью до десятых долей.

## Заключение

### Оценка результата испытания

Оценка результатов испытания заключается в следующем:

1. Следует сравнить октановое число испытуемого бензина с требованиями стандарта и сделать вывод о соответствии его нормам ГОСТ.

2. Необходимо установить, на каких основных моделях двигателей возможно использовать испытанный бензин исходя из степени сжатия этих двигателей (табл. 12).

*Таблица 12*

**Назначение автомобильных бензинов**

Марка бензина	А-66	А-72	А-76	АИ-93	АИ-95	АИ-98
Степень сжатия двигателей	6,2 и ниже	6,2–6,5	6,5–7,0	8,0–9,0	8,5–9,0	9,0–10,5
Марки базовых моделей двигателей	ГАЗ-20,51 ЗИЛ-120 МЗМА-401	ГАЗ-21, ЗИЛ-158, МЗМА-407 УАЗ-450	ГАЗ-53, ЗИЛ-130, ЗИЛ-375, МЗМА-408 УАЗ-469	ГАЗ-24, ВАЗ-2102, МЗМА-41, FIAT 126	ВАЗ-2143, ВАЗ-2106, ГАЗ-3110	BMW-740i, Honda Z(j), ВАЗ-2110, ЗИЛ-111, ЗИЛ-114

3. Если октановое число испытуемого бензина ниже требуемого, то следует ожидать детонационного сгорания смеси и, как следствие этого – перегрева, падения мощности двигателя и ускоренного выхода его из строя. Чтобы не допускать детонации, необходимо уменьшать угол опережения зажигания, но это ведет к некоторому падению мощности двигателя и увеличению расхода бензина.

Корректировать угол опережения зажигания можно с помощью октан-корректора, а также автоматически с помощью центробежного и вакуумного регуляторов как элементов прерывателя.

4. Если октановое число испытуемого бензина выше требуемого, то детонационного сгорания смеси происходить не будет.

Для реализации запаса в октановом числе целесообразно увеличить угол опережения зажигания. Это приведет к некоторому повышению мощности и снижению расхода бензина.

5. Допускается применение автомобильных бензинов по прямому назначению, если их октановое число ниже требуемого не более чем на 1 единицу.

6. Улучшать работу двигателя можно увеличением угла опережения зажигания, т. е., давая возможность сгорать всей смеси в камере сгорания. Но это возможно, только если октановое число бензина не превышает известной величины.

7. Если октановое число бензинов будет больше приведенных значений на 1-2 единицы, то дальнейшее увеличение угла опережения зажигания положительного эффекта не дает.

**Задание для контрольной работы  
по разделу «Автомобильные топлива»**

Окончание табл. 13

Автомобиль марки \_\_\_\_\_ предстоит эксплуатировать в условиях температуры воздуха \_\_\_\_\_ при безгаражном хранении. Имеются два вида топлива с показателями качества, указанными в паспорте.

**Требуется:**

1) указать, какие сорта и марки топлива необходимы для данных условий эксплуатации, и привести основные показатели их качества к ГОСТ(ТУ);

2) сравнить данные паспортов с нормами стандартов, установить отклонения;

3) сделать обоснованное заключение о возможности применения образцов;

4) дать оценку эксплуатационным свойствам образцов, с возможными последствиями их применения в двигателе (табл. 13).

1	2	3	4	5
7	Водорастворимые кислоты и щелочи			
8	Содержание фактических смол, мг/100 мл топлива			
9	Содержание механических примесей, %			
10	Содержание воды, %			
11	Проба на медную пластинку			
12	Вязкость при 20 °С, сСт			
13	Температура помутнения, °С			
14	Температура застывания, °С			
15	Температура вспышки, °С			
16	Содержание серы, %			
17	Цвет			

Таблица 13

**Паспорт 1-2 на топлива**

№ п/п	Показатели качества	Образцы		
		1	2	
1	2	3	4	5
1	Октановое (цетановое) число			
2	Содержание этиловой жидкости, г (ТЭС/кг)			
3	Плотность при +20 °С, кг/м <sup>3</sup>			
4	Фракционный состав: начало перегонки, °С 10 % « при температуре, °С 50 % « при температуре, °С 90 % « при температуре, °С конец перегонки (90 %), °С остаток в колбе, % потери при перегонке, %			
5	Давление насыщенных паров, мм рт. ст.			
6	Кислотность, мг КОН/100 мл топлива			

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА И ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОРНОГО МАСЛА

**Цели работы** – научить студентов определять:

- 1) параметры, характеризующие качество моторного масла;
- 2) вязкостно-температурные характеристики индекса вязкости моторного масла.

**Время** – четыре академических часа.

**Оборудование и материалы:**

- 1) стеклянные цилиндры диаметром 4–50 мм для определения температуры вспышки масла;
- 2) барометр;
- 3) вискозиметр;
- 4) стеклянный стакан;
- 5) секундомер;
- 6) термометр;
- 7) резиновая трубка с грушей;
- 8) образцы моторных масел.

**Задачи перед студентами при выполнении работы:**

- 1) оценить масло по внешним признакам;
- 2) определить температуру вспышки масла;
- 3) определить вязкость масла в интервале от температуры окружающей среды до 100 °С;
- 4) построить вязкостно-температурную характеристику масла;
- 5) оценить качество масла по вязкостно-температурной характеристике;
- 6) определить индекс вязкости.

## Общие понятия о вязкости моторных масел

Смазочные моторные масла – это фракции нефти, основу которых составляют углеводороды с температурой кипения выше 350 °С.

*Классифицируются моторные масла:*

на группы в зависимости от эксплуатационных свойств;  
на подгруппы в зависимости от типа двигателя;  
на классы в зависимости от кинематической вязкости.

*Качество моторных масел оценивается:*

вязкостными и моющими свойствами;  
физической и химической стабильностью;  
коррозийностью;  
наличием примесей и воды;  
температурой вспышки;  
противоизносными свойствами и т. д.

*Качество масла характеризуется индексом вязкости.* Чем он выше, тем вязкостно-температурные свойства масел лучше.

Простейший способ оценки качества масла заключается в осмотре его пробы в стеклянном цилиндре диаметром 40–50 мм. При этом в нем не должно обнаруживаться ни взвешенных, ни осевших на дно частиц и воды.

Так как моторные масла содержат большое количество смол, то они непрозрачны в проходящем свете, следовательно, необходимо дополнительно фиксировать цвет и оттенок в отраженном свете.

Температура вспышки в открытом тигле:

- 1) характеризует огнеопасность масла;
- 2) дает представление о характере углеводородов в масле;
- 3) позволяет узнать о наличии примесей легкоиспаряемых компонентов.

На температуру вспышки масел  $t$  влияет атмосферное давление, что необходимо учитывать при ее определении.

$$t = t_p + 0,0345(760 - p),$$

где  $t_p$  – температура вспышки;  $p$  – атмосферное давление при проведении опыта.

Показателями вязкостных свойств в масле являются:

- 1) вязкость при различных температурах;
- 2) индекс вязкости;
- 3) температура застывания масла.

*Вязкость* – это свойство масла оказывать сопротивление внешней силе, перемещающей ее слои относительно друг друга.

Вязкость определяют с помощью специальных приборов – *вискозиметров* и выражают в единицах динамической или кинематической вязкости.

За единицу *динамической вязкости* принята вязкость масла, в объеме которой две параллельные площадки размером по 1 м, отстоящие друг от друга на 1 м, будут двигаться с относительной скоростью 1 м/с под действием силы в 1 Н. Размерность динамической вязкости – Н·с/м<sup>2</sup>.

За единицу *кинематической вязкости* принята размерность 1 м<sup>2</sup>/с). Используется также размерность в стоксах (Ст).

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 1 / 100000 \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$1 \text{ сотая часть стокса} = 1 \text{ сСт} \text{ (сантистокс)}.$$

$$1 \text{ Ст} = 100 \text{ сСт} = 100 \text{ мм}^2/\text{с}.$$

Для характеристики вязкости и вязкостно-температурных качеств моторных масел нормируется вязкость при температуре 100 °С, которая включена в их маркировку.

Моторные масла должны обладать оптимальной вязкостью при рабочей температуре. При изменениях температуры колебания вязкости должны быть минимальными.

Количественно это требование выражают рядом показателей, которые называют вязкостно-температурными характеристиками. Основная из них – графическое представление зависимости кинематической вязкости масла от температуры.

С повышением температуры вязкость уменьшается. Это приводит к износу трущихся деталей и увеличению потерь на трение.

С понижением температуры вязкость масла увеличивается, что приводит к ухудшению поступления масла к парам трения и его очистки, пуск двигателя затрудняется.

## Основная часть

### Определение качества моторного масла

Порядок выполнения работы:

1) оценить масло по внешним признакам. Для этого залить масло в стеклянный цилиндр диаметром 10–50 мм. Определить визуально прозрачность масла в проходящем свете, наличие осадков и взвешенных включений, цвет в отраженном свете и запах масла. Записать наблюдаемые признаки в отчет;

2) определить температуру вспышки масла.

Для этого нужно:

собрать в соответствии с рис. 14 прибор, который состоит из штатива 1, на котором установлена электрическая плитка 2. На электрической плитке стоит керамическая или стеклянная емкость 4 с песком («песчаная баня»), в которую помещен тигель 3 с испытуемым маслом. В тигель с маслом вертикально установлен термометр 5, закрепленный сверху на штативе, а нижняя часть его с ртутным шариком находится в масле и не касается дна тигля. Тигель 3 должен находиться на слое песка толщиной 5–10 мм, а пространство между тиглем и емкостью должно быть засыпано песком на высоту 8–10 мм от края тигля;

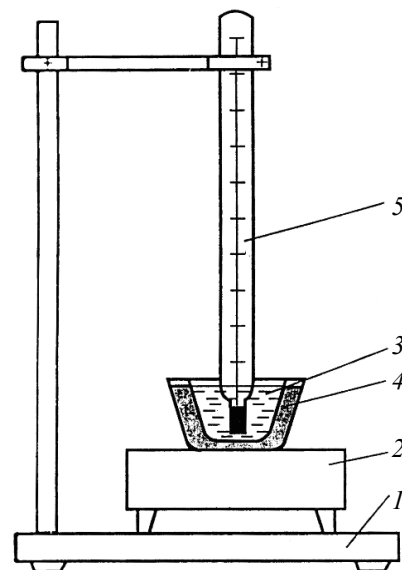


Рис. 14. Прибор для определения температуры вспышки

залить испытуемое масло в тигель до уровня песка и проверить правильность установки термометра в штативе;

включить электроплитку на наибольшую скорость нагрева. Ожидаемая температура вспышки должна быть примерно 200 °С;

за 20 °С до ожидаемой температуры вспышки уменьшить скорость нагрева до 5 °С в минуту;

при температуре ниже ожидаемой на 10 °С медленно провести над поверхностью масла на расстоянии 10–15 мм открытым пламенем. Длина пламени должна быть 3–5 мм, а время передвижения пламени параллельно поверхности масла – 2–3 с;

такие испытания повторять через интервалы температуры масла 2 °С до тех пор, пока над поверхностью не появится пробегающее и исчезающее пламя синего цвета;

в момент вспышки засечь температуру масла по термометру и записать опытное значение температуры вспышки в отчет;

если атмосферное давление будет отличаться от нормального, тогда рассчитать реальную температуру по формуле

$$t = t_p + 0,0345(760 - p),$$

где  $t_p$  – температура вспышки масла;  $p$  – атмосферное давление при проведении опыта, измеренное с помощью барометра.

Результаты расчета необходимо записать в отчет.

### **Определение вязкостно-температурных характеристик моторных масел**

Порядок выполнения работы:

1) определить вязкостно-температурную характеристику масла. Для этого используется прибор, который называется вискозиметром. Он представляет собою стеклянную *V*-образную трубку с тремя расширениями (рис. 15). В узком колене *A* находится капилляр *1* диаметром от 0,8 до 1,5 мм (табл. 14). На нижнем *2* и верхнем *3* расширениях нанесены соответственно диаметры капилляра и номер вискозиметра, соответствующий паспортным данным. Узкое колено имеет две метки: верхнюю – *a* и нижнюю – *б*. В широком колене *B* расположены отводная трубка *4* и расширение *5*. Следует:

заполнить вискозиметр маслом, для чего надеть на отводную трубку *4* резиновую трубку с грушей. Зажав пальцем срез колена *B*, перевернуть вискозиметр и опустить колено *A* в емкость с маслом. Засосать (с помощью резиновой груши) масло в вискозиметр до метки *б*, вынуть его из емкости с маслом, и быстро перевернуть в нормальное положение. Удалить масло с внешней стороны вискозиметра;

погрузить вискозиметр в стеклянный стакан с водой до уровня, чтобы расширение *3* было наполовину погружено в воду, и закрепить его в вертикальном положении с помощью крышки *7*;

установить термометр *8* в стакан так, чтобы его резервуар находился на середине капилляра *1*;

нагреть воду с помощью электроплитки *9* до температуры 25 °С, поддерживать эту температуру в течение 15 мин, чтобы масло прогрелось до указанной температуры;

надеть резиновую трубку с грушей на колено *A* и засосать масло выше метки *a* (в масле не должно быть пузырьков воздуха);

снять трубку с колена *A* и наблюдать за истечением масла из верхнего расширения *3*. Когда его верхний уровень достигнет метки *a*, включить секундомер и выключить его, когда уровень масла достигнет метки *б*. Время истечения масла записать в отчет. Затем опыт повторить еще два раза.

Выбирают вискозиметр с требуемым диаметром капилляра. Проверяют по номеру соответствие его паспорту;

Таблица 14

### **Рекомендуемые диаметры капилляров вискозиметра**

Наименование типовых масел	Диаметр капилляра, мм, при температуре испытаний, °С		
	100	50	0
Веретенное АУ, И-20, И-30	0,5–0,6	1,0–1,3	2,3–3,35
М-4з/6Б, М-6Б, М-6Б, SAE 20 API CA	0,7–0,8	1,0–1,3	3,35
М-8Б, М-6Б2, И-50, SAE 30 API CB/SD	0,8–1,0	1,2–1,8	3,35
М-10Б, М-6з/10Б, М-12Г, SAE 15W-30 API	0,8–1,0	1,2–1,8	3,35–4,7
МТ-12Б2, МС-14, SAE 30API CD	1,0–1,3	1,5–2,3	4,7
МС-20, МК-22, SAE 40 API CD	1,3–1,8	2,0–2,3	4,7

## Результаты измерений и расчета вязкости

Измеряемые величины	Температура масла, °С			
	25	50	75	100
Время истечения масла в каждом опыте, с				
Среднее время истечения масла, с				
Постоянная вискозиметра, мм <sup>2</sup> /с				
Вязкость, сСт (мм <sup>2</sup> /с)				

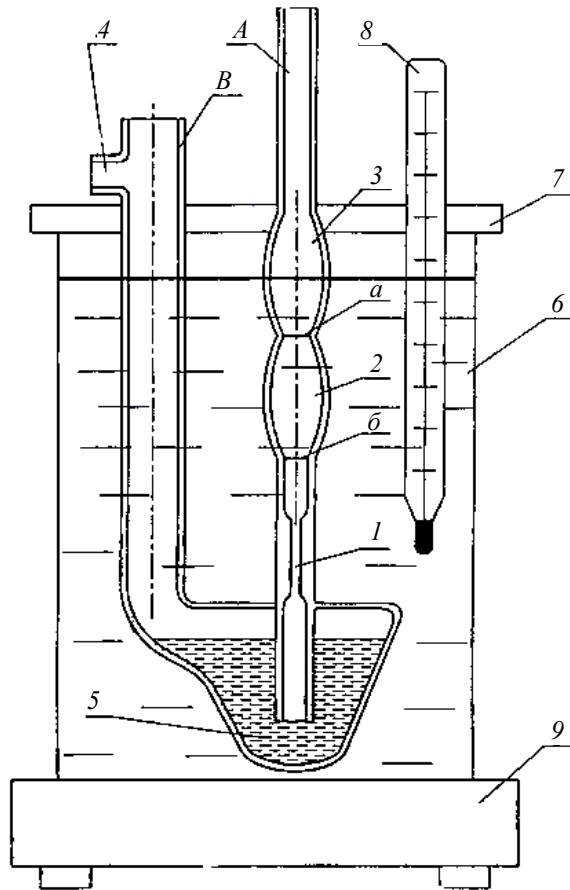


Рис. 15. Прибор для определения кинематической вязкости масла. А, Б – соответственно узкое и широкое колена; а, б – метки; 1 – капилляр; 2, 3 – нижнее и верхнее расширение; 4 – отводная трубка; 5 – расширение; 6 – стакан; 7 – крышка; 8 – термометр; 9 – электроплитка

выполнить измерения и расчеты вязкости для температур масла 50, 75 и 100 °С и записать эти результаты в табл. 15;

определить вязкость  $\eta$  масла при различных температурах, для чего необходимо среднее время истечения масла от метки а до метки б умножить на постоянную вискозиметра, т. е.

$$\eta = (C \tau_{\text{cp}} q k) / 980,7,$$

где  $C$  – постоянная вискозиметра (берется из паспорта), сСт/с или мм<sup>2</sup>/с;  $\tau_{\text{cp}}$  – среднеарифметическое время перетекания масла, с;  $q$  – ускорение силы тяжести в месте испытания, см/с<sup>2</sup>; 980,7 – нормальное ускорение силы тяжести, см/с<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение гидростатического напора масла в вискозиметре в результате расширения его при нагревании от температуры при заполнении вискозиметра до температуры опыта. Результаты расчетов записать в табл. 15;

2) определить индекс вязкости масла. **Индекс вязкости масла** – условный показатель, получаемый путем сопоставления вязкости данного масла с двумя эталонными, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100, а второго – за единицу.

Индекс вязкости характеризует вязкость масла. Чем он выше, тем вязкостно-температурные свойства масла лучше.

Определить индекс вязкости можно при помощи *номограммы* (рис. 16).

Для этого нужно отложить по осям ординат соответствующие величины вязкости, провести горизонтальную (для  $\eta_{50^\circ}$ ) и вертикальную

(для  $\eta_{100^\circ}$ ) прямые линии. На месте их пересечения найти линию индекса вязкости и записать его значения при 50 и 100 °С в отчет.

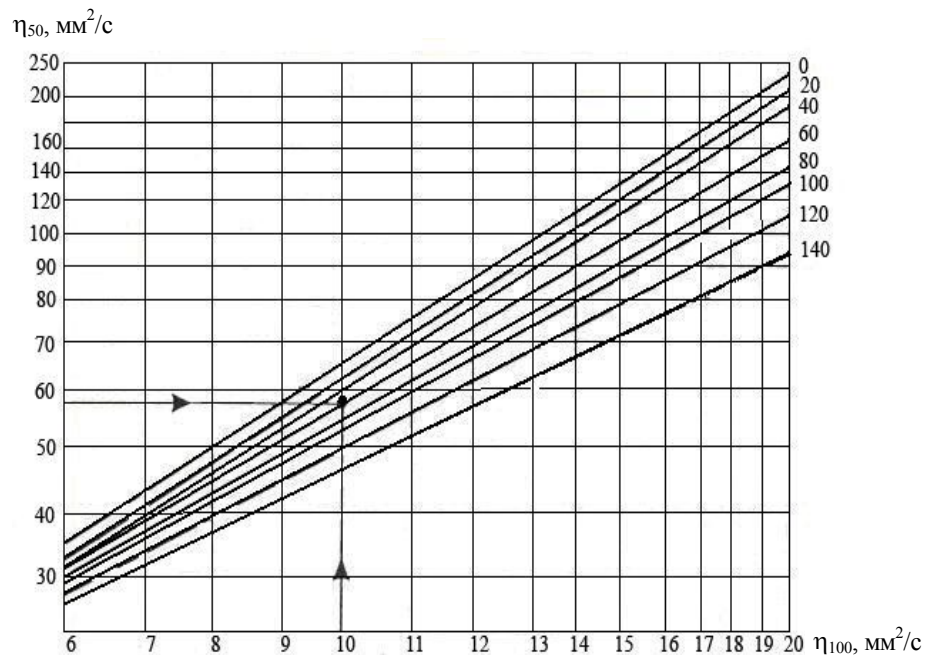


Рис. 16. Номограмма для определения индекса вязкости масла

### Заключение

#### Оценка результатов испытания и содержание отчета о проделанной работе

В отчете о проделанной работе студенты должны:

- 1) описать внешние признаки испытуемого масла:
  - цвет в проходящем свете;
  - цвет в отраженном свете;
  - наличие осадков механических включений и воды;
  - запах;
- 2) измерить атмосферное давление;

- 3) сравнить результаты температуры вспышки испытуемого масла:
  - при проведении опыта;
  - реальной;

с учетом атмосферного давления;

- 4) результаты измерений величины истечения испытуемого масла и расчета вязкости при различных температурах представить в виде табл. 14;

- 5) построить вязкостно-температурную характеристику масла, на основании которой показать:
  - а) во сколько раз уменьшилась вязкость испытуемого масла при повышении температуры от 25 до 100 °С;
  - б) какую вязкость приобретет масло при 50 °С;
  - в) какую вязкость приобретет масло при 100 °С;
  - г) полученный индекс вязкости;
  - б) сравнить полученные величины вязкости и индекс вязкости с требованиями технических норм на данное масло и сделать заключение о соответствии этих показателей нормам стандарта или техническим условиям;

- 7) оценить пусковые свойства испытуемого масла. Минимальное смесеобразование и воспламенение смеси для карбюраторных двигателей равно 35–40 об/мин, а для дизельных двигателей 100–150 об/мин.

Предельное значение вязкости масла, которое лимитирует минимально необходимое число оборотов коленчатого вала, для разных двигателей с учетом снижения работоспособности аккумуляторных батарей при понижении температуры соответствует следующим величинам:

- для ВАЗ; ГАЗ; АЗЛК – 70–80 Ст;
- ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-740 и др. – 90–110 Ст;
- ЗИЛ-130; ГАЗ-53, иномарок – 120–130 Ст.

Для оценки пусковых свойств используют номограмму (рис. 17), показывающую применение масел с разными вязкостно-температурными характеристиками (по SAE);

- 8) как главный вывод о проделанной лабораторной работе дать заключение о годности испытуемого моторного масла к применению в эксплуатации на двигателях внутреннего сгорания автомобилей.

При защите главного вывода о проделанной лабораторной работе студенты должны четко ответить на контрольные вопросы:

1. Какие показатели характеризуют качество масла и как влияет их изменение на работу двигателей?



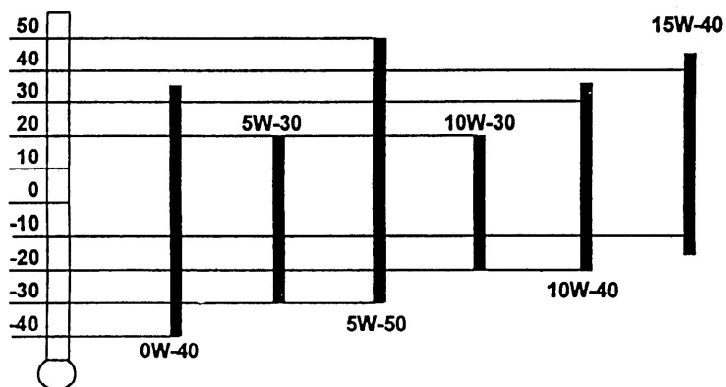


Рис. 17. Температурные пределы применения всесезонных масел

2. Что характеризует температура вспышки масла? Порядок ее определения?

3. Приведите взаимозаменяемости моторных масел отечественного производства и зарубежных фирм для бензиновых и дизельных двигателей.

4. Дайте определение вязкости масла.

5. Что такое динамическая и что такое кинематическая вязкость, их размерность?

6. Что такое индекс вязкости масла и как его определить?

7. Для каких двигателей требуется моторное масло повышенной вязкости, а для каких – пониженной? Почему существует эта разница?

### Задание для контрольной работы по разделу «Автомобильные моторные масла»

Используются два вида моторных масел с показателями, указанными в паспортах 3–4 (табл. 16). Автомобиль вышеуказанной марки эксплуатируется при температуре воздуха \_\_\_\_\_.

Требуется:

1) указать, какие сорта моторных масел необходимы для данных условий эксплуатации, и привести основные показатели их качества к ГОСТ;

2) сравнить данные паспортов с нормами стандартов, установить их отклонения;

3) сделать обоснованное заключение о возможности их использования в двигателе с возможными последствиями для него.

Таблица 16

Паспорт 3–4 на моторные масла

№ п/п	Показатели качества	Образцы	
		№ 1	№ 2
1	Вязкость, сСт: при 100 °С; при 50 °С; при 0 °С		
2	Отношение вязкостей при 50 и 100 °С		
3	Индекс вязкости		
4	Температура застывания, °С		
5	Температура вспышки в открытом тигле, °С		
6	Коксуемость, % Кислотное число, мг КОН /1 г масла		
7	Зольность, %		
8	Кислотное число, мг КОН /1 г масла		
9	Коррозионность по Пинкевичу, г/м <sup>2</sup>		
10	Моющие свойства по шкале ПЗВ, балл.		
11	Водорастворимые кислоты и щелочи		
12	Содержание воды, %		
13	Содержание механических примесей, %		

## Лабораторная работа № 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНЫХ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

**Цель работы** – определение параметров пластичных консистентных смазок, характеризующих их основные свойства.

**Время** – четыре академических часа.

#### **Оборудование и материалы:**

- 1) набор пластичных смазок на кальциевой, натриевой и литиевой основе;
- 2) углеводородная смазка;
- 3) дистиллированная вода (100 мл);
- 4) бензин (100 мл);
- 5) пробирки (6–7 штук);
- 6) электроплитка.

#### **Задачи перед студентами при выполнении работы:**

- 1) оценить особенности и внешние признаки пластичных смазок;
- 2) определить температуру каплепадения;
- 3) определить число пенетрации смазки;
- 4) определить предел прочности пластичных смазок.

### Вводная часть

#### **Общие понятия о пластичных смазках**

Пластичные смазки по своему назначению делятся:  
на антифрикционные;  
защитные;  
уплотнительные;  
канатные.

Они используются для уменьшения износа деталей, снижения коэффициента трения и защиты металлов от коррозии. Пластичные смазки представляют собой смесь масла (80–90 %), загустителя, образующего каркас, внутри которого находится масло, и иногда наполнителя. Их

применяют в местах, из которых жидкие масла вытекают и к которым допуск ограничен или затруднен.

В процессе работы смазки подвергаются нагреву, загрязнению, старению и т. д., в результате они частично или полностью теряют свою работоспособность, поэтому масла должны удовлетворять следующему ряду требований:

обладать необходимой теплостойкостью, которая оценивается температурой каплепадения;

не должны разрушаться под действием влаги;

должны обладать требуемыми механическими свойствами, которые оцениваются пределом прочности и эффективной вязкостью;

не должны распадаться при хранении и в узлах трения.

Исходя из этих требований возникает необходимость в оценке качества пластичных смазок, поступающих в автотранспортное предприятие, а также оценке их качества после определенной наработки в узлах трения. Для этого нужно проводить лабораторный анализ.

### Основная часть

#### **Оценка основных особенностей и внешние признаки смазочных материалов**

Необходимо сравнить образец испытуемой смазки с типовыми смазками, обратить внимание на цвет и структуру смазок.

**Цвет** большинства смазок колеблется от светло-желтого до темно-коричневого, поэтому по цвету трудно установить вид смазки. Только отдельные смазки имеют характерный цвет. Например, графитная смазка имеет черный и черно-зеленый цвет, а технический вазелин – специфический светло-желтый или темно-желтый цвет и прозрачен в темном слое.

**Структура** смазок бывает зернистой (например, консталин) или волокнистой (например, солидол). Для определения структуры образец смазки наносят с помощью шпателя на стеклянную пластину слоем толщиной 0,5 мм и просматривают в проходящем свете, оценивая структуру смазки.

**Однородность** смазки свидетельствует о равномерном перемешивании загустителя с маслом. Чтобы определить однородность, для этого стеклянную пластину со слоем смазки просматривают в проходящем

свете. Смазка должна быть однородной, без комков и выделившегося масла.

*Наличие механических примесей* связано с возможным попаданием в смазку посторонних веществ, например примеси абразивного характера (песок, окалина, ржавчина и т. д.). Наличие этих веществ в смазке недопустимо.

Для определения наличия примесей стеклянную пластину со слоем смазки просматривают в проходящем свете. Абразивные примеси также легко обнаружить при растирании смазки на стекле и просмотре ее на ярком свете.

*Водостойкость* характерна для солидолов и вазелина (в отличие от консталинов).

Водостойкость смазок можно проверить следующими способами:

1) стеклянную пластину с нанесенными смазками нужно поместить в стакан с водой на 20–30 мин и после истечения этого времени заметить, что консталин смывается водой, а солидол и вазелин останутся без изменений;

2) поочередно растирая отдельно кусочки каждой смазки между пальцами в присутствии воды, можно заметить, что консталин, имеющий натриевую основу, намывается, а солидол и технический вазелин нет, так как у них кальциевая основа.

Установить состав смазки с большей степенью достоверности позволяет способ оценки *жирового пятна*. Основные сорта смазок дают характерные жировые пятна. Чтобы отличить солидол от консталина и обнаружить механический вазелин, нужны образцы типовых смазок: технического вазелина, солидола, консталина и графитной смазки в форме комочков размером 3–5 мм, которые следует поместить на листке фильтровальной бумаги, затем эту бумагу с комочками смазок осторожно подогреть на электроплите и сравнить характер плавления испытуемой смазки с расплавлением типовых смазок. При этом легкоплавящиеся части смазок впитываются бумагой, а остальная часть должна остаться в виде плотного остатка.

Обычно при проведении такого опыта результаты будут следующие: *технический вазелин* расплавится быстро, впитается бумагой почти полностью, и оставит ровное светлое пятно;

*солидол* при расплавлении образует жировое пятно с небольшим остатком посередине и выделением пузырьков за счет испарения воды, содержащейся в солидолах (до 30 %);

*консталин* останется на бумаге в виде комочка без пузырьков с небольшим масляным ореолом по краям и не расплавится, даже если при сильном нагреве бумага обуглится;

*графитная смазка* оставит темное жировое пятно с ясно различимыми включениями частиц графита, и если в смазке будут механические примеси, то они будут также различимы.

На основании проведенных наблюдений по внешним признакам необходимо сделать предварительное заключение о сорте и качестве каждой испытуемой пластичной (консистентной) смазки.

### **Определение температуры каплепадения смазок**

Температурой каплепадения пластичных (консистентных) смазок считается температура, при которой происходит падение первой капли смазки, помещенной в капсуль прибора и нагреваемой в строго определенных условиях.

Температура каплепадения условно определяет среднюю температуру плавления смазки и должна превышать рабочую температуру трущихся деталей не меньше чем на 15–20 °С.

Оборудованием для определения температуры каплепадения смазки является прибор уббелоид, собранный, как показано на рис. 18 и 19. Основной частью этого прибора (см. рис. 18) является специальный термометр *1* с металлической гильзой *5*. В гильзу вставлена металлическая чашечка (капсуль) *6* с отверстием диаметром 3 мм. Термометр *1* с металлической гильзой *5* вставлен в пробирку *3*, которая помещена в стакан с водой (глицерином), установленный на электроплитке.

Порядок выполнения работы:

1) вынуть чашечку (капсуль) *6* из гильзы *5* и с помощью шпателя плотно наполнить его испытуемой смазкой так, чтобы в ней не было пузырьков воздуха;

2) излишки смазки удалить с ее верхней чашечки (капсуля) шпателем.

3) чашечку (капсуль) *6* вставить в гильзу *5* с термометром до упора о внутренний буртик гильзы *5*;

4) смазку, выдавленную шариком термометра через отверстие чашечки (капсуля) *6*, срезать шпателем;

5) собранный таким образом термометр *1* с гильзой *5* и чашечкой (капсулем) *6* с испытуемой смазкой вставить в пробирку *2*;

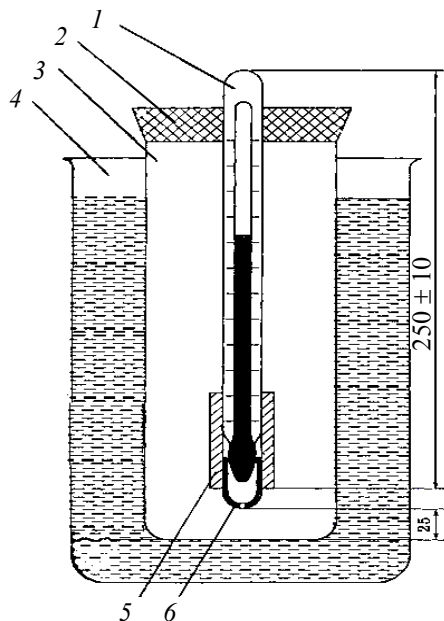


Рис. 18. Схема прибора определения температуры каплепадения смазок: 1 – термометр; 2 – пробка; 3 – пробирка; 4 – стакан; 5 – гильза; 6 – чашечка

б) на дно пробирки положить фильтровальную бумагу;

7) пробирку поместить в стакан с водой (глицерином) и при помощи штатива закрепить вертикально в стакане 4;

8) стакан 4 с водой (глицерином) установить на электроплитку и начать подогревать так, чтобы скорость нагрева была равной 1–2 °С в минуту;

9) начинать нагрев нужно с температуры на 20 °С ниже ожидаемой температуры каплепадения;

10) температуру, при которой упадет из нижнего отверстия чашечки (капсуля) б первая капля, нужно принимать за температуру каплепадения;

11) при испытании смазки нужно фиксировать две температуры:

а) каплеобразования (размягчения смазки), при которой из чашечки (капсуля) появляется первая капля смазки;

б) каплепадения (плавления), когда капля отрывается от чашечки (капсуля).

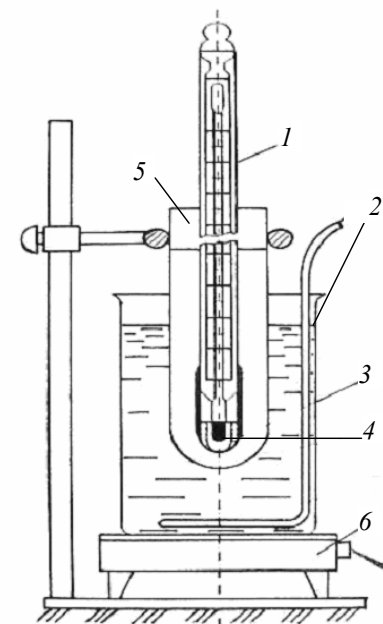


Рис. 19. Прибор для определения температуры смазок: 1 – термометр с капсюлем; 2 – широкая пробирка; 3 – стакан с термостатирующей жидкостью; 4 – капсюль для испытуемой смазки; 5 – пробка; 6 – электроплитка

Опыт необходимо провести не менее 2 раз с каждой смазкой. Допустимое расхождение температур между двумя параллельными опытами не более 1 °С.

### Определение числа пенетрации

Механические свойства смазок характеризуются консистенцией (густотой смазки). **Консистенция** – это условная мера прочности, твердости смазки. Она выражается в числах пенетрации. **Пенетрация** (лат. penetrare проникать) – это мера проникновения конусного тела в смазку. Выражается она в десятых долях миллиметра. Число пенетрации опре-

деляется при температуре смазки +25 °С после механического воздействия (перемешивания) на нее.

В США требования к качеству автомобильных смазок зафиксированы в нормативных документах NLGI. Норма консистенции смазок NLGI в зависимости от диапазона пенетрации показана в табл. 17.

Таблица 17

Норма консистенции смазок по NLGI

NLGI, номер	Пенетрация 0,1 мм	Состояние смазки	Применение смазки
000	445–475	Как вязкое масло	Для централизованных систем смазывания и для смазывания передач и шестерен
00	400–430	Полужидкая	Для смазывания подшипников скольжения и качения
0	355–385	Очень мягкая	
1	310–340	Очень мягкая	
2	365–295	Мягкая смазка	Для создания герметичности
3	220–250	Густоватая	
4	175–205	Густая	
5	130–160	Очень густая	
6	85–115	Очень твердая, как мыло	

В густую смазку конус проникает меньше, поэтому число пенетрации тоже меньше. NLGI № 1 используется в холодных зимних условиях, NLGI № 2 является универсальным, NLGI № 3 используется в теплых летних условиях.

Таким образом, пенетрация – это условный показатель механических свойств смазки, численно равный глубине погружения в них конуса стандартного прибора за 5 с (рис. 20 и 21). Пенетрация не имеет физического смысла и не определяет поведение смазок в эксплуатации. Но

по пенетрации судят о *густоте* смазки и о ее способности выдерживать повышенные нагрузки в узлах трения скольжения.

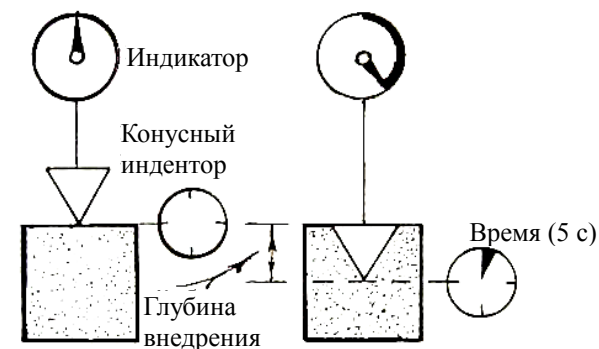


Рис. 20. Схема определения пенетрации

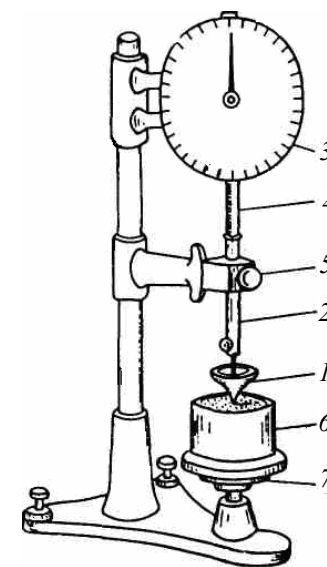


Рис. 21. Пенетрометр: 1 – конус; 2 – стержень; 3 – циферблат; 4 – зубчатая рейка; 5 – пусковая кнопка; 6 – металлический стакан с испытуемой смазкой; 7 – подвижной столик

## Описание пенетрометра

На стойке пенетрометра (см. рис. 21) помещены два кронштейна. На нижнем крепится подвижной стержень с металлическим конусом, удерживаемым тормозом пусковой кнопки. Вес стержня с конусом 150 г. На верхнем кронштейне расположен диск с циферблатом на 360 делений, причем цена деления равна 0,1 мм погружения конуса, т. е. одной единице пенетрации.

На основании стойки помещен вращающийся столик для металлического стакана с испытуемой смазкой.

Дополнительным оборудованием является смеситель для перемешивания смазки и термостат для ее нагрева до требуемой температуры.

### Порядок проведения опыта

Рекомендуется указанный далее порядок опыта.

1. Металлический стакан с испытуемым образцом смазки поместить в термостат и выдерживать его там в течение 1 ч при температуре +25 °С.

2. Затем стакан с подогретой смазкой закрепить на подставке смесителя, закрыть плотно крышкой и перемешать смазку, поднимая и опуская рукоятку смесителя 60 раз в течение одной минуты.

3. По окончании перемешивания стакан со смазкой вновь выдерживать в термостате в течение 15 мин, после чего поверхность смазки тщательно выровнять шпателем, стакан установить на подвижный столик пенетрометра.

4. Конус пенетрометра установить так, чтобы его острое касалось поверхности смазки и чтобы он во время погружения не задевал за стенки стакана.

5. После этого рукой опустить зубчатую рейку до соприкосновения со стержнем, на котором закреплен конус, и отметить начальное показание стрелки.

6. Одной рукой нажать на пусковую кнопку, другой одновременно включить секундомер.

7. Через 5 с остановить секундомер и отпустить пусковую кнопку. За это время стержень с конусом под влиянием силы собственной тяжести погрузится в смазку.

8. Зубчатую рейку вновь подвести к верхнему концу стержня (при

этом передвинется и стрелка на циферблате) и отметить ее конечное показание. Разность между начальным и конечным показаниями стрелки укажет число пенетрации.

9. Поднять конус в исходное положение, обернуть его, выровнять поверхность смазки и повторить это испытание еще три раза.

10. Из полученных результатов вычислить среднюю величину пенетрации.

### Определение предела прочности пластичных (консистентных) смазок

Пластичные смазки, являясь коллоидными образованиями, могут проявлять механические свойства (табл. 18, 19), характеризующиеся рядом признаков, одним из которых является предел прочности.

Таблица 18

Основные показатели качества пластичных смазок

Показатели качества	Смазка ПКВ	Солидолы				Графитная смазка	Консталин УТ-1	Смазка 1-13
		синтетические		жировые				
		пресс-солидол	солидол С	УС-1	УС-2			
Цвет смазки	От светло-желтого до коричневого					Черная	Светло-желтая	
Водостойкость	Водостойкие					Нестойкие		
Температура каплепадения, °С	60	85 ± 3	95 ± 3	75	75	77	130	120
Число пенетрации при 25 °С	–	~250	~200	300–350	230–290	–200	225–275	250–290
Предел прочности при 50 °С	–	1,0	2,0	1,0	2,0	–	–	–
Содержание воды, %	–	2,5	2,5	1,5	2,0	3,0	0,5	0,15

Под *пределом прочности* смазки понимается то минимальное давление (напряжение сдвига), которое вызывает разрушение коллоидной структуры каркаса, в результате чего происходит сдвиг смазки и она начинает течь, как вязкая жидкость. Предел прочности определяют с помощью *капиллярного пластометра* по методу К.И. Климова (рис. 22 и 23).

## Классификация пластичных смазок

Виды смазок	Состав	Назначение
Смазки общего назначения	Кальциевые смазки: солидол (прессолидол) – С или Ж натриевые и натриево-кальциевые смазки автомобильные ЯНЗ-2	Антифрикционная среднеплавкая
Универсальные смазки	Литиевые, работоспособные в широком интервале температур, скоростей и нагрузок: литол-24 и аналогичные фиол-2, (1, 3 – более мягкие)	Водостойкие
Специализированные смазки	Несменяемые и непополняемые смазки: графитная АМ карданная Шрус-3 Шрус-4 ЛСЦ-15	Применение: в открытых узлах в шарнирах равных угловых скоростей в шарнирах подвесок и рулевого управления в шлицевых соединениях
Термостойкие смазки	УНИОЛ-3М ЦИАТИМ-221 ЦИАТИМ-201 Зимол и Лита	Водостойкие стабильные с противозадирными свойствами, морозостойкие

Предел прочности характеризует способность смазок не вытекать из узлов трения, противостоять сбросу с движущихся деталей (например, с подшипников) под влиянием инерционных сил и удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях, не стекая и не сползая.

Когда напряжение сдвига превышает предел прочности, смазка начинает течь.

Предел прочности смазки зависит:  
от температуры (с ее повышением он снижается);  
скорости приложения силы.

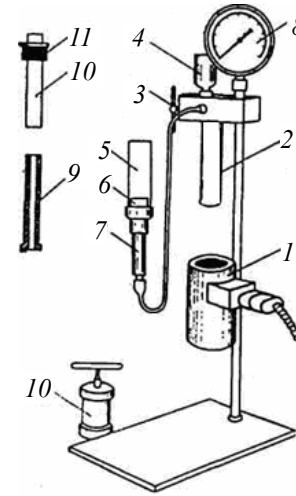
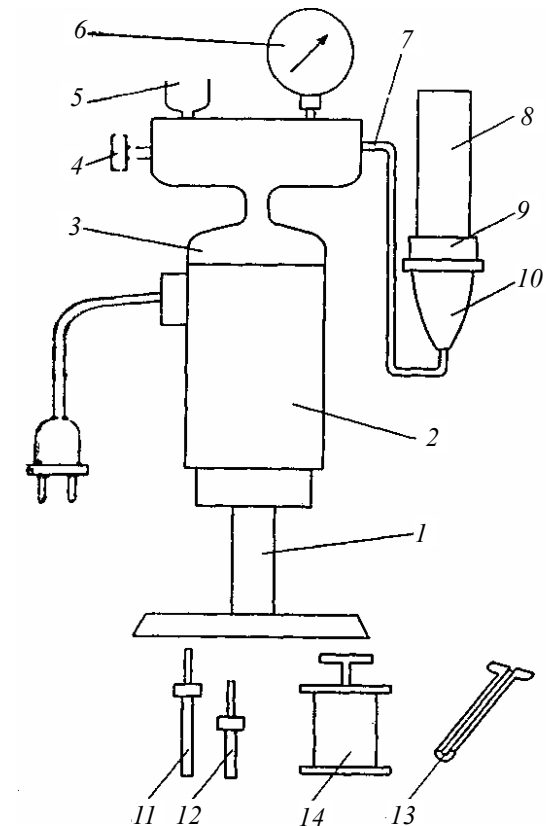


Рис. 22. Пластометр для определения предела прочности смазки: 1 – электропечь; 2 – резервуар с маслом; 3 – игольчатый кран; 4 – воронка для масла; 5 – защитное стекло; 6 – зажимная гайка; 7 – корпус; 8 – манометр; 9 – капилляр в увеличенном виде; 10 – оправка для капилляра; 11 – резиновая прокладка; 12 – смеситель

Рис. 23. Пластометр: 1 – основание со стойкой; 2 – электропечь; 3 – резервуар с маслом; 4 – кран; 5 – воронка; 6 – манометр; 7 – трубка; 8 – защитное стекло; 9 – гайка; 10 – корпус манометра; 11 – капилляр с оправкой (длинный); 12 – капилляр с оправкой (короткий); 13 – часть капилляра; 14 – мешалка



## Описание прибора

Основной частью пластометра (см. рис. 22) является корпус, в который вставляется рабочий капилляр в специальной оправке. Корпус соединен трубкой, нагреваемой электропечкой. Для заполнения масляной системы маслом служит воронка, отключаемая от системы игольчатым краном. Давление в масляной системе измеряется манометром.

Рабочий капилляр представляет собой разрезанную вдоль оси лагунную трубку длиной 50 или 100 мм и внутренним диаметром 4 мм. Внутренняя поверхность капилляра нарезьбована с глубиной резьбы 0,5 мм.

При давлении на смазку вдоль капилляра происходит разрушение структуры смазки и сдвиг смазки по поверхности, образуемой концами резьбы. Давление на смазку осуществляется маслом («жидкий поршень») при заворачивании зажимной гайки или подогреве масла в замкнутой масляной системе.

Сущность метода заключается в определении давления, при котором происходит сдвиг смазки в капилляре пластометра при заданной температуре.

Перед проведением испытаний необходимо выполнять следующие действия:

- 1) с начала испытаний все детали пластометра, соприкасающиеся со смазкой, промыть бензином и высушить;
- 2) цилиндр мешалки 14 (см. рис. 23) заполнить смазкой, не допуская воздушных пустот, и закрыть крышками с двух сторон;
- 3) перед установкой верхней крышки отверстие в поршне также заполнить испытываемой смазкой;
- 4) мешалку со смазкой выдержать в термостате при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 30 мин, после чего перемешать смазку, сообщив поршню 100 двойных ходов;
- 5) поршень поставить в крайнее верхнее положение и снять нижнюю крышку мешалки;
- 6) заполнить длинный капилляр (100 мм), состоящий из двух половин 13, испытываемой смазкой и соединить их;
- 7) смазать наружную поверхность капилляра и внутреннюю поверхность оправки;
- 8) вставить капилляр в оправку, медленно вращая и поднимая его вдоль оси;

9) короткий (50 мм) капилляр применить в том случае, когда при испытании на длинном капилляре давление превышает допустимое для манометра;

10) надеть на нижний обрез буртика оправки резиновую прокладку и установить оправку на выступ в корпусе пластометра 10;

11) заполнить пластометр маслом, для чего открыть кран 4 воронки с маслом 5 и держать его открытым, пока уровень масла в корпусе не достигнет верхнего буртика оправки капилляра, следя за тем, чтобы в воронке всегда оставалось масло;

12) закрепить оправку с капилляром в корпусе 10 гайкой 9. При этом нужно следить за манометром и в случае повышения давления открывать кран воронки;

13) на верхнюю часть корпуса закрепить защитное стекло 8;

14) поместить корпус пластометра в термостат, уровень жидкости в котором не должен превышать 30 мм верхнего конца капилляра;

15) заданная температура ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) должна поддерживаться в течение 29 мин. При этом кран 4 должен быть открытым;

16) время после перемешивания смазки и до начала испытаний не должно превышать 30–40 мин;

Порядок испытаний:

1. Закрыть кран 4 воронки 5.
2. Включить электропечь 2, обогревающую резервуар 3 с маслом, и наблюдать за манометром 6.
3. Следить, чтобы скорость повышения давления в системе была не более 5 кПа ( $0,005 \text{ кг/см}^2$ ) в минуту при использовании длинного (100 мм) капилляра 11. Если будет использоваться короткий (50 мм) капилляр 12, то давление в системе должно повышаться со скоростью 2,5 кПа ( $0,025 \text{ кг/см}^2$ ) в минуту.
4. Скорость повышения давления регулировать подниманием и опусканием вдоль резервуара с маслом электропечи 2 или, не убирая термостат, начинать заворачивать зажимную гайку 9 с такой скоростью, чтобы давление повышалось так же, как описано в п. 3. При этом резиновая прокладка оправки будет сжиматься и давление в масляной системе будет повышаться.
5. Если при заворачивании зажимной гайки созданного давления будет достаточно для разрушения структуры смазки, тогда из капилляра выдавить столбик смазки и давление в масляной системе упадет до нуля.
6. Испытание прекратить и записать величину достигнутого давления с точностью до  $0,01 \text{ кг/см}^2$ .



7. Если давление, создаваемое заворачиванием зажимной гайки, окажется недостаточным для разрушения смазки, то в дальнейшем его повышать подогревом масляной системы электропечью.

8. Предел прочности вычислить по формуле

$$\tau = P \cdot r / 2l,$$

где  $P$  – максимальное давление при разрушении смазки, кг/см<sup>2</sup>;  $r$  – радиус капилляра, см;  $l$  – длина капилляра, см.

### Заключение

#### Содержание отчета

1. По результатам анализов необходимо заполнить таблицы по приведенным далее формам.

#### Оценка образца по внешним признакам

Внешние признаки	Образцы	
	№ 1	№ 2
Цвет		
Прозрачность		
Запах		
Растворимость в воде		
Растворимость в бензине		
Плавление смазки		

#### Температурные характеристики смазки

Температура, °С:	Опыты	
	№ 1	№ 2
размягчения		
каплепадения		

#### Определение числа пенетрации для смазок

Образцы	Опыты				Средняя величина пенетрации
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
№ 1					
№ 2					

### Результаты определения предела прочности

Показатели	Опыты	
	№ 1	№ 2
Максимальное давление, кг/см <sup>2</sup>		
Предел прочности, кг/см <sup>2</sup>		

2. Показатели качества оцениваемых образцов, полученные на основании проведенных анализов, необходимо сравнить с показателями ГОСТ и сделать заключение о пригодности данных образцов к применению в узлах автомобилей.

3. В отчете должны быть оформлены чертежи использованных приборов.

4. При защите рекомендаций по применению испытанных смазок в узлах автомобилей необходимо быть готовым ответить на следующие вопросы:

Что такое пластичные смазки, их назначение и эксплуатационные требования, предъявляемые к ним?

Основные свойства пластичных смазок?

Классификация пластичных (консистентных) смазок?

Приборы для оценки качества пластичных (консистентных) смазок?

Марки смазок? Узлы автомобилей, в которых они находят применение?

Как определяется температура каплепадения?

Как определяется предел прочности смазок?

Что такое число пенетрации?

#### Отчет о лабораторной работе

«Определение качества пластичных консистентных смазок»

По результатам анализов, обобщенных в табл. 11, 12, 13 и 14, следует составить отчет о лабораторной работе по форме, приведенной в табл. 20.

## Отчет о лабораторной работе

Цель работы			
Задачи на выполнение работы			
Результаты оценки качества образца пластичной смазки	Основные показатели качества образца		
	Наименование показателей	ГОСТ	Данные, полученные на основании проведенных анализов
	Цвет		
	Прозрачность		
	Запах		
	Растворимость в воде		
	Растворимость в бензине		
	Плавление смазки		
	Температура размягчения		
	Температура каплепадения		
	Максимальное давление, кг/см <sup>2</sup>		
Предел прочности, кг/см <sup>2</sup>			
Предел средней величины пенетрации			
Заключение о пригодности оцениваемого образца смазки к применению и двигателя			

Студент \_\_\_\_\_  
(уч. группа, Ф.И.О., подпись)

## Лабораторная работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

**ВНИМАНИЕ!** Необходимо помнить, что этиленгликоль является пищевым ядом. Нельзя касаться руками, загрязненными антифризом, слизистых оболочек губ, глаз, пищи и папирос. После работы следует вымыть руки водой с мылом.

### Порядок выполнения работы

#### Оценка качества антифриза по внешним признакам

**Цвет.** Стандартный антифриз марки 40 – светло-желтый, а марки 65 – оранжевого или желто-оранжевого цвета.

**Прозрачность.** Свежеприготовленный антифриз представляет собой слегка мутную жидкость. В антифризе должны отсутствовать крупные взвешенные частицы, осадки, а также следы плавающего поверх антифриза слоя другой жидкости. Такой жидкостью могут быть нефтепродукты, которые не смешиваются с антифризом, вызывают бурное вспенивание и выбросы в системе охлаждения двигателей.

Антифриз после долгого употребления в системе охлаждения двигателя становится мутным и грязным. Особенно большое загрязнение наблюдается, если перед заливкой антифриза из системы охлаждения не была удалена накипь.

#### Определение состава антифриза гидрометром

Гидрометр представляет собой денсиметр, у которого вместо шкалы плотности имеется двойная шкала: содержания гликоля, %, и температуры замерзания. Принцип определения этих показателей основан на изменении плотности смеси в зависимости от различного в ней соотношения этиленгликоля и воды. Определять состав антифриза гидрометром, а также ареометром удобнее всего при 19–21 °С, так как при этом не требуется вводить в результат замера температурные поправки (см. лабораторную работу № 2). Поэтому, если температура антифриза отличается от указанной выше, его подогревают до 20–21 °С в конусной колбе на электроплитке, затем переливают антифриз в стеклянный цилиндр на

250 мл и опускают в него гидрометр. После того, как гидрометр «успокоился», отсчитывают по шкале (по верхней границе мениска) значения состава антифриза и температуры его замерзания.

### Определение состава антифриза ареометром

Для определения состава антифриза ареометром поступают так же, как и при работе с гидрометром. В этом случае по шкале ареометра будет замерена плотность продукта. При необходимости значение плотности антифриза при температуре опыта приводят к стандартной температуре 20 °С (см. лабораторную работу № 1).

Поправочный коэффициент  $\gamma$  для этиленгликолевого антифриза в среднем равен  $0,525 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{град}$ . Состав и температуру замерзания антифриза по плотности находят с помощью диаграммы (рис. 24). На этой диаграмме по левой оси на рис. 24, а отложена плотность антифриза,  $\text{кг/м}^3$ , на правой оси отложен коэффициент преломления. На рис. 25, б по оси отложена температура замерзания антифриза в °С. Необходимо провести горизонтальную линию от оси ординат, где нанесены значения плотности при +20 °С, до пересечения ее с кривой 1. Из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось абсцисс и получают значения состава антифриза; продолжая перпендикуляр вниз до пересечения с кривой 2, проводят горизонтальную линию влево до оси ординат, получают значение температуры замерзания данной смеси.

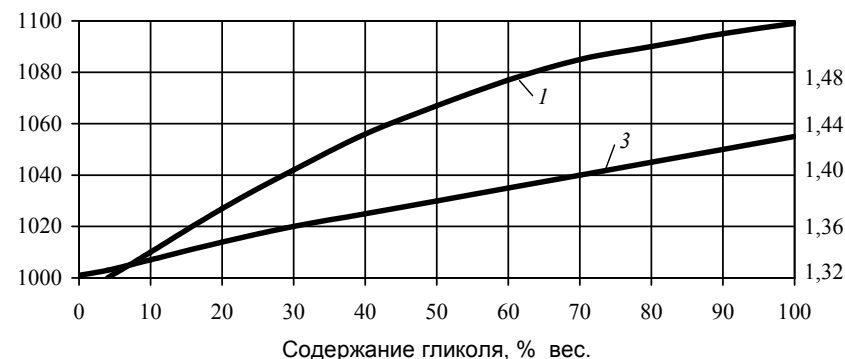
### Определение состава антифриза по коэффициенту преломления

Коэффициент преломления зависит от плотности антифриза, которая в свою очередь зависит от соотношения составляющих его компонентов. Отсюда, зная коэффициенты преломления чистых компонентов антифриза, можно по коэффициенту преломления смеси этих компонентов определить плотность и состав испытуемой низкотемпературной охлаждающей жидкости. Коэффициент преломления определяют с помощью лабораторного рефрактометра типа РЛ (см. рис. 24).

Открывают верхнюю часть разъемной призмы рефрактометра и тщательно протирают ее плоскости мягкой фильтровальной бумагой. На плоскость раскрытой призмы наносят с помощью стеклянной палочки 2-4 капли испытуемого антифриза и закрывают верхнюю часть при-

змы. Направляют луч света от лампы в верхнее окно призмы. Луч, проходя через слой испытуемого антифриза, преломляется и отклоняется вниз. Передвигая подвижный окуляр, находят границу светотени. Если граница расплывчата и окрашена в цвета радуги, то передвижением ахроматизатора делают ее четкой. Через окуляр рефрактометра видны две шкалы: первая показывает процент сахара в сахарном растворе (эта шкала не нужна), а вторая – коэффициент преломления. Зная коэффициент преломления, по диаграмме (см. рис. 24) находят состав и температуру замерзания испытуемого антифриза.

а



б

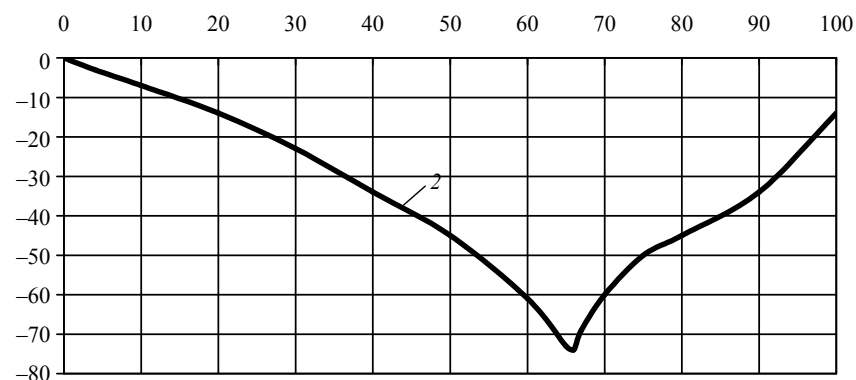


Рис. 24. Кривые зависимости плотности, коэффициента преломления и температуры замерзания этиленгликолевого антифриза от его состава: 1 – плотность; 2 – температура замерзания; 3 – коэффициент преломления

Подсчитывают среднее значение состава и температуры замерзания испытанного антифриза из трех полученных результатов определения: гидрометром, ареометром и рефрактоном. Сопоставляя данные визуального наблюдения и среднее значение состава и температуры замерзания антифриза с требованиями технических норм, делают заключение о соответствии его техническим условиям и пригодности к употреблению. Если показатели качества образца антифриза отличаются от норм стандарта, решают задачу по приведению состава антифриза к требованиям технических норм.

### Расчет необходимой добавки воды или этиленгликоля при испарении антифриза

Количество добавляемого компонента подсчитывают по формулам: при добавке этиленгликоля

$$X = 100 \times (a - b) / b;$$

при добавке воды

$$X_{\text{в}} = 100 \times (c - d) / d,$$

где  $X$ ,  $X_{\text{в}}$  – количество добавляемого компонента, л/100 л исходного образца;  $a$ ,  $b$  – объемный процент воды в испытуемом образце и стандартном антифризе соответственно;  $c$ ,  $d$  – объемный процент этиленгликоля в испытуемом образце и стандартном антифризе.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРТА И КАЧЕСТВА ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ

Определение качества жидкостей для гидросистем по стандартным показателям (плотности, вязкости, температуре застывания и пр.) производится методами, описанными выше. Вместе с тем оценку сорта (марки) и качества жидкостей для гидросистем довольно точно можно дать на основе простейших способов испытания: по внешним признакам и по отношению к растворителям.

**ВНИМАНИЕ!** Необходимо помнить, что жидкости для гидравлических систем могут быть ядовитыми. Руками, загрязненными этими жидкостями, нельзя касаться слизистых оболочек, губ, глаз. После работы следует тщательно вымыть руки водой с мылом.

Порядок выполнения работы приводится далее.

### Оценка по внешним признакам

**Цвет.** Жидкости для гидравлических систем строительных и дорожных машин, как правило, нефтяного происхождения, и поэтому имеют цвет от светло- до темно-желтого. Исключение составляет масло АМГ-10, окрашенное в красный цвет. Автомобильные тормозные жидкости БСК и ГТН окрашены в красный или красно-оранжевый цвет, жидкость ЭСК светло-желтая, ГТЖ-22 – зеленая или защитного цвета.

**Прозрачность.** Образец испытуемой жидкости в стеклянной бутылке просматривают в проходящем и отраженном свете на белом фоне. Пригодная к употреблению жидкость должна быть совершенно прозрачной и не содержать механических примесей и взвесей. При обнаружении мути, осадков и взвесей жидкость для гидросистем бракуется.

**Однородность.** Жидкость, пригодная к употреблению, должна быть совершенно однородной и не иметь признаков расслоения. Не допускается даже небольшой слой посторонней жидкости сверху или снизу. Слоем под жидкостями АУ, АУП, АМГ-10, АГМ, ВМГЗ, ГТН, БСК и ЭСК может быть вода.

**Запах.** Жидкости для гидросистем на нефтяной основе (АУ, АУП, ВМГЗ и др.) обладают слабым «керосинным» запахом. Маслу АМГ-10 присущ приятный запах, придаваемый ему присадкой «винипол». Тормозная жидкость ЭСК пахнет касторовым маслом и этиловым спиртом.

У жидкости БСК через запах касторового масла пробивается острый приятный запах бутилового спирта, поэтому она по запаху несколько похожа на АМГ-10. Тормозная жидкость ГТЖ-22 специфического запаха не имеет.

Для определения основы жидкостей для гидросистем прибегают к воздействию бензина и воды. Наливают в пробирку 2 мл испытуемой жидкости, добавляют к ней равное количество бензина и энергично встряхивают. Жидкости на нефтяной основе, а также тормозные жидкости ЭСК и БСК взаиморастворяются с бензином и образуют однородную прозрачную смесь. Жидкость ГТЖ-22 с бензином расслаивается: сверху остается бензин, снизу – ГТЖ-22.

В другую пробирку наливают 2 мл воды и на стенке пробирки помечают карандашом уровень воды. Затем добавляют 3 мл испытуемой жидкости и энергично встряхивают. Жидкость ГТЖ-22 и вода взаиморастворяются, образуя однородную прозрачную смесь. Жидкости на нефтяной основе (АУ, АУП, АМГ-10, ГТН, ВГМЗ и др.) при встряхивании вначале образуют эмульсию, которая, однако, быстро разлагается на два слоя: сверху – испытуемая жидкость, внизу – вода, причем объем воды не изменяется против начального. Жидкость БСК с водой образует стойкую эмульсию оранжевого цвета, распадающуюся лишь после длительного отстаивания. Тормозная жидкость ЭСК разлагается водой, в которую переходит из жидкости этиловый спирт. Образующаяся вначале бледно-желтая эмульсия вскоре расслаивается: сверху – касторовое масло желтого цвета, а внизу – вода, причем ее объем возрастает против начального за счет растворения этилового спирта. Для ускорения расслаивания следует поместить пробирку с эмульсией в гнездо ручной или электрической центрифуги и процентрифугировать в течение 1–3 мин.

Ряд рабочих жидкостей для систем гидравлического привода являются загущенными маслами, получаемыми загущением маловязкой нефтяной основы вязкостными присадками: полиизобутиленом или виниполом. К таким жидкостям относятся АМГ-10, ВМГЗ, ГТН, РМЦ, МГЕ-10А и др. Для обнаружения в них вязкостной присадки используют плохую растворимость присадок в бутиловом спирте и ацетоне. В пробирку наливают 3–4 мл испытуемой жидкости и добавляют 5 мл бутилового спирта или ацетона. Если испытуемая жидкость является загущенным маслом, то после добавления бутилового спирта или ацетона она помутнеет от выделяющегося полиизобутилена или винипола. Через некоторое время вязкостная присадка выпадет на дно пробирки в виде прозрачного и липкого осадка.

## Рекомендуемая литература

1. *Васильева Л. С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
2. *Кириченко Н. Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: – М.: ИЦ «Академия», 2003. – 208 с.
3. *Бобович Б. Б. и др.* Химики – автомобилям: Справочник. – СПб.: Химия, 1992. – 319 с.
4. *Кириченко Н. Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Практикум: Учебное пособие. – М.: ИЦ «Академия», 2004. – 96 с.
5. *Синельников А. Ф.* Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости. Кр. справочник. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2003. – 176 с.
6. *Стуканов В. А.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие. Лабораторный практикум. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М., 2003. – 208 с.
7. *Павлов В. П., Заскалько П. П.* Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Транспорт, 1982.
8. *Мотовилин Г. В., Масино М. А., Суворов О. М.* Автомобильные материалы: Справочник. – М.: Транспорт, 1989.

Основные показатели качества бензинов, выпускаемых по ГОСТ 2084–77

Наименование показателя	А-72	А-76		АИ-91	АИ-93	АИ-95
	неэтилированный	неэтилированный	этилированный	неэтилированный	неэтилированный	неэтилированный
Детонационная стойкость: октановое число, не менее: моторный метод	72	76	76	82,5	85	85
исследовательский метод	–	–	–	91	93	95
Массовое содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,013	0,013	0,017	0,013	0,013	0,013

Примечания (для бензинов всех марок):

1. Испытания на медной пластинке – выдерживают.
2. Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды – отсутствует.
3. Плотность при температуре +20 °С не нормируется, но определяется обязательно.

Характеристики бензинов с улучшенными экологическими показателями

Наименование показателя	ТУ 38.401-58-171-96				ТУ 38.301-25-41-97	
	АИ-80ЭК	АИ-92ЭК	АИ-95ЭК	АИ-98ЭК	ЯрМарка 92E	ЯрМарка 95E
Октановое число, не менее: моторный метод	76	83	85	88	83	85
исследовательский метод	80	92	95	98	92	95
Содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более:	0,010					
Фракционный состав: объем испарившегося бензина, %, при температуре, °С:						
70	10–50	15–50	15–50	15–50	15–50	15–50
100	35–70	40–70	40–70	40–70	40–70	40–70
180	85	85	85	85	85	85
конец кипения бензина при температуре, °С, не выше	215	215	215	215	215	215
доля остатка в колбе, % (по объему), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летний период с 1.04 по 1.10	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70	35–70
зимний период с 1.10 по 1.04	–	–	–	–	60–100	60–100
Индекс паровой пробки, не более: летний период	950	950	950	950	950	950
зимний период	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Содержание фактических смол на месте производства, мг /100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5,0					
Объемная доля, %, не более: ароматических углеводородов, в том числе бензола	– 3	– 3	– 5	– 5	45 3	45 3
Индукционный период бензина на месте производства, мин, не менее	360					
Массовая доля серы, %, не более	0,05					
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	780					

Примечания (для бензинов всех марок):

1. Испытания на медной пластинке выдерживают.
2. Водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода отсутствуют.
3. По ТУ 38.001165–97 выпускаются бензины А-80 и А-96 с октановыми числами по исследовательскому методу соответственно 80 и 96. Эти бензины предназначены для поставки на экспорт.
4. Автомобильный бензин АИ-98 с октановым числом 98 по исследовательскому методу выпускается по ТУ 38.401-58-122–95 и ТУ 38.401-58-127–95.
5. По ТУ 38.401-58-86–94 производится малоэтилированный бензин АИ-91.
6. Всесезонные бензины, вырабатываемые на экспорт, и бензин АИ-98 производятся по ТУ 38.0011165–97.

**Основные показатели качества бензинов, выпускаемых по ГОСТ Р 51105–97**

Наименование показателя	Нормаль–80 ОКП 02 5112 3701	Регуляр–91 ОКП 02 5112 3702	Премиум–95 ОКП 02 5112 3703	Супер–98 ОКП 02 5112 3704
Октановое число, не менее:				
по моторному методу	76	80	82,5	91,0
по исследовательскому методу	85	95	88	98
Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более		0,010		
Концентрация марганца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	50	18	–	–
Содержание фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	–	5,0		–
Индукционный период бензина, мин, не менее	80,0	360		98,0
Массовая доля серы, %, не более	80,0	0,05		98,0
Объемная доля бензина, %, не более	80,0	5		98,0
Испытание на медной пластинке	80,0	Выдерживает, класс 1		
Внешний вид	80,0	Чистый, прозрачный		
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	700–750	725–780	725–780	725–780

Примечания:

1. Концентрацию марганца определяют только для бензинов, содержащих марганцевый антидетонатор.
2. Бензины «Премиум–95» и «Супер–98» предназначены в основном для автомобилей иностранного производства и отвечают европейским стандартам.

## Испаряемость бензинов, выпускаемых в соответствии с ГОСТ 51105–97

Наименование показателя	Класс бензина по ГОСТ 16350–97				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров бензина, кПа	35–70	45–80	55–90	60–95	80–100
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже:	35	35	–	–	–
пределы перегонки, °С, не выше:					
10 %	75	70	65	60	55
50 %	120	115	110	105	100
90 %	190	190	190	190	190
конец кипения при температуре, °С, не выше	215	215	215	215	215
доля остатка в колбе, %, (по объему)	2	2	2	2	2
остаток и потери или объем испарившегося бензина, %, при температуре, °С, не менее:					
70	10–45	15–50	15–47	15–50	15–50
100	35–65	40–70	40–70	40–70	40–70
180	85	85	85	85	85
Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300

## Основные показатели качества дизельных топлив, выпускаемых в соответствии с ГОСТ 305–82

Наименование показателя	Л	З	А
Цетановое число не менее	45	45	45
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	255
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	3,0–6,0	1,8–5,0	1,5–4,0
Температура помутнения, °С, не выше для климатической зоны:			
умеренной	–5	–25	–
холодной	–	–35	–
Температура застывания, °С, не выше для климатической зоны:			
умеренной	–10	–35	–
холодной	–	–45	55
Массовая доля серы, %, не более в топливе:			
вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не ниже, для дизелей общего назначения	40	35	30
Концентрация фактических смол, мг, на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830

## Примечания:

1. По ТУ 38.401-58-170–96 выпускают городские экологически чистые летнее и зимнее дизельные топлива, предназначенные для использования в Москве:

- летнее ДЭК-Л рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха –5 °С и выше;
- зимнее ДЭК-З рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха –25 °С и выше;
- летнее с присадкой ДЭКП-Л, рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха –5 °С и выше;



• зимнее ДЭКП-3 рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  и выше.

2. В летние топлива вводят антидымную присадку (ЭФАЛ-Б или Лубризол-8288), в зимние – антидымную и депрессорную (сополимеры этилена с винилацетатом). Это снижает показатели дымности и токсичности отработавших газов на 30–35 %.

3. В зависимости от массовой доли серы эти дизельные топлива делятся на два вида: в первом массовая доля серы составляет не более 0,05 %, во втором – не более 0,01 %.

4. Для поставок на экспорт по ТУ 38.401-58-110–94 выпускают летнее (ДЛЭ) и зимнее (ДЗЭ) дизельные топлива с содержанием массовой доли серы не более 0,2 %.

Приложение 6  
Характеристики отечественных моторных масел для карбюраторных двигателей

Наименование показателей	Марки моторных масел											
	M-8A	M-8B <sub>1</sub>	M-8T <sub>1</sub>	M-8T <sub>1</sub>	M-8T <sub>1</sub>	M-6 <sup>э</sup> /10T <sub>1</sub>	M-5 <sup>э</sup> /10T <sub>1</sub>	M-4 <sup>э</sup> /10T <sub>1</sub>	M-6 <sup>э</sup> /10B	M-6 <sup>э</sup> /12T <sub>1</sub>	M-3 <sup>э</sup> /6B <sub>1</sub>	M-8B
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с: при 100 °С	7,5–8,5	7,5–8,5	7,5–8,5	11,5–12,5	7,5–8,5	9,5–10,5	9,5–10,5	Не менее 6	9,5–10,5	Не менее 6	5,5–6,5	9,5–10,5
при 0 °С, не более	1200	1200	1200	Не нормирована	Не нормирована	1000	1000	–	6000 при $-18^{\circ}\text{C}$	–	–	1200
Индекс вязкости, не менее	90	90	90	95	100	125	120	140	110	115	125	93
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	1,2	3,4	4,0	8,5	8,5	10,5	–	5,5	5,5	7,5	5,5	4,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	200	200	220	210	210	170	165	190	210	165	207
Температура застывания, °С, не выше	-25	-25	-25	-20	-30	-32	-36	-42	-40	-30	-42	-25
Зольность сульфатная, %, не более	-	1,0	0,95	1,3	1,3	1,65	-	-	-	1,3	1,3	0,95
Массовая доля механических примесей, %, не более	-	-	-	-	-	0,015	0,015	-	-	0,015	0,02	0,015
Плотность при температуре +20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	900	900	900	900	900	-	-	-	-	-	-	900

## Характеристики отечественных моторных масел для дизельных двигателей

Наименование показателей	Марки моторных масел											
	М-8В <sub>2</sub>	М-10В <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub> К	М-10Г <sub>2</sub> К	М-8ДМ	М-10ДМ				
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с: при 100 °С	7,5-8,5	10,5-11,5	7,5-8,5	10,5-11,5	7,5-8,5	10,5-11,5	8,0-8,5	10,5-11,5	8,0-8,5	10,5-11,5	8,0-8,5	Не менее 1,1
при 0 °С, не более	1200	-	1200	-	1200	-	-	-	-	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	90	85	85	85	95	85	102	95	102	95	102	90
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	3,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,0	8,5	6,0	6,0	6,0	8,5	8,2
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	205	200	205	200	205	195	210	220	195	195	220
Температура застывания, °С, не выше	-25	-15	-25	-15	-25	-15	-30	-30	-18	-18	-30	-18
Зольность сульфатная, %, не более	-	1,3	1,65	1,65	1,65	1,65	1,5	1,15	1,15	1,15	1,5	1,5
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,02	0,015	0,015	0,015	0,02	0,025

**Основные показатели синтетических и минеральных моторных масел**

Наименование показателей	Нефтяное (минеральное) масло	Синтетические масла			
		Дизельные	Полиалкени-гликолевые	Полисилоксановые	Фторуглеродные
Вязкость кинематическая, при 100 °С, м <sup>2</sup> /с	2,5	3,2	3,2	3,5	–
Индекс вязкости, не менее	70	140–150	135–180	270	500
Температура застывания, °С	–40...–73	–43...–63	–53...–63	–63...–100	–3...–23
Температурный предел работоспособности, °С	220	220	260–300	250	400–500
Потери на испарение при 100 °С за 24 ч, %	8	0,1	0,1	0,1	0

**Предельные значения браковочных показателей работавших моторных масел**

Наименование показателей	Предельные значения браковочных показателей для двигателей	
	бензиновых	дизельных
Изменение вязкости, % прирост снижение	25	35
	20	20
Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более	1,0	3,0
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	0,5–2,0	1,0–3,0
Снижение температуры вспышки, °С, не более	20	20
Содержание воды, %, не более	0,5	0,3
Содержание топлива, %, не более	0,8	0,8
Диспергирующие свойства по методу масляного пятна, у. е., не менее	0,3–0,35	0,3–0,35

**Характеристики отечественных трансмиссионных масел**

Наименование показателей	Общего назначения для цилиндрических, конических, спирально-конических и червячных передач				Универсальные		Для гипоидных передач грузовых автомобилей	
	ТМ-2-18	ТМ-3-9	ТМ-3-18	ТМ-2-18	ТМ-5-18	ТМ-5-12	ТМ-4-18	ТМ-4-9
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с: при 100 °С при 50 °С	Не менее 15 130–140	Не менее 10 –	14–16 130–140	Не менее 15 95–105	Не менее 17,5 110–120	–	Не менее 14 95–105	9 35–40
Индекс вязкости, не менее	80	90	80	90	100	140	90	120
Температура вспышки, °С, не ниже	180	128	180	180	200	–	180	160
Температура застывания, °С, не выше	–18	–40	–20	–25	–25	–40	–50	–20
Эксплуатация при температуре, °С, не ниже	–25	–	–25	–	–30	–	–30	–50

Содержание активных элементов, %													
кальций	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
фосфор	0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
цинк	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
хлор	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
сера	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
суммарное	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Класс вязкости по SAE	90	75W	90	90	90	90	90	90	80W/85	90W	90W	75W	
Группа свойств по API	GL-2	GL-4	GL-4	GL-4	GL-4	GL-5	GL-5	GL-5	GL-5	GL-2	GL-2	GL-2	GL-2

## Эксплуатационные свойства пластичных антифрикционных смазок

Марка смазки	Цвет	Температура каплепадения, °С	Эффективная вязкость, Па · с, при 0°С и градиенте сдвига 10 <sup>-1</sup>	Пенетрация при 25 °С, мм 10 <sup>-1</sup>	Коллоидная стабильность, %	Предел прочности при 20 °С, Па · с	Температурный предел работоспособности, °С	Возможные заменители
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Смазки общего назначения								
Солидол С	От светлого до желтого до темно-коричневого	85–105	2000	250–310	1–5	37	–20...+65	Солидол Ж, Литол-24, Зимол
Смазка графитовая УссА	Черный с се-ребристым отливом	77–90	1500–4000	250–270	0,5–4,0	6,5	–20...+60	Солидол С и 10 % графита
Для повышенных температур								
Смазка 1–13, жировая	От светлого до темно-желтого	≥130	6000	250–290	10–20	15–40	–20...+90	Литол-24, Зимол

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Консталин-1	От желтого до светлого-коричневого	≥130	2500–5000	225–275	–	–	–20...+120	Литол-24
Консталин-2	От желтого до светлого-коричневого	≥150	2500–5000	175–225	–	–	–20...+120	Литол-24
Автомобильная ЯПЗ-2	Коричневый и желтый	160–170	2000	250	2–5	5–20	–20...+120	Литол-24, Зимол
Смазка АМ карданная	Светло- или темно-коричневый	130–150	3000–6000	220–270	10–15	10–25	–20...+120	Литол-24
Смазка № 158	Синий	140–160	≤4000	305	8–15	2,4	–40...+120	Литол-24, Фиол-2У, Фиол-2М
Многоцелевые								
Литол-24	Коричневый	185–195	≤2800	240–265	15–20	5–12	–40...+130	Фиол-3, Зимол
Фиол-1	От светлого до темно-коричневого	185–200	≤2000	310–340	15–20	3–5	–40...+120	Литол-24, Фиол-2
Фиол-2	Коричневый	188–200	≤2500	265–295	10–15	7–9,5	–40...+120	Литол-24, Фиол-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фиол-2М	Серебристо-черный	180–195	≤2500	265–295	10–15	7–8	–40...+130	Фиол-2У
Фиол-2У	Серебристо-черный	185–195	≤1500	265–295	7–11	6,5	–40...+130	Литол-24, Смазка № 158
Фиол-3	Зеленый	190–200	≤2800	220–260	8–12	6–12	–40...+130	Литол-24
Смазка ЛСЦ-15	Светло-желтый	185–200	≤2800	250–280	10–15	7,0	–40...+140	Литол-24, ШРБ-4
Смазка ШРБ-4	Темно-коричневый	185–240	800–1600	265–295	4–10	3,4	–40...+130	Литол-24, ЛСЦ-15
Термостойкие								
Униол-3	Серебристо-черный	220–260	700–900	290–320	5–12	12	–60...+120	Лита, Зимол
ЦИАТИМ-221	Белый или светлого-серый	200–220	800–2000	280–360	–	2,5–7	–60...+150	–
Низкостойкие (морозостойкие)								
ЦИАТИМ-2-1	Желтый или светлого-коричневый	175–190	800–1700	290–320	16–30	7–12	–60...+90	Лита, Зимол, ЦИАТИМ-203

1									
Лита	От светло- до темно-коричневого	185–200	1600–3500	220–250	7–12	6–12	–60...+100	Литол-24, ЦИАТИМ-201	9
Зимол	Коричневый	190–200	1000–2600	240–290	16–20	3–10	–60...+130	–	

**Применение пластичных смазок в узлах автомобилей российского производства**

Наименование узла трения	Наименование (обозначение) смазки
Регулируемые подшипники ступицы, нерегулируемые подшипники полуоси	Литол-24, ЛСЦ-15, Зимол, Лита
Подшипники промежуточной опоры карданного вала	Литол-24, ЛСЦ-15
Игольчатые подшипники карданных шарниров	Фиол-2У*, ШРУС-4*, № 158
Шарниры равных угловых скоростей	ШРУС-4
Шарниры подвески и рулевого управления, имеющие пресс-масленки	ШРБ-4, ШРУМ-4, Литол-24
Герметизированные разборные и неразборные шарниры подвески	ШРБ-4*
Шлицевые соединения	ЛСЦ-15*, Литол-24
Шарниры и оси привода педалей газа, выключения сцепления	ЛСЦ-15*
Герметизированные шарниры рулевого управления	ЛСЦ-15*
Шарниры подвески и рулевого управления легковых автомобилей ГАЗ	Фиол-2У
Рессоры	Графитная, Лимол, ВНИИ НП-242
Оси, валики, подшипники скольжения, петли, тросы в оболочках	ЛСЦ-15*, Литол-24, ЦИАТИМ-201
Подшипники генератора, стартера и др. электродвигателей, оси октан-корректора распределителя зажигания	Фиол-2М*, Литол-24, Зимол, № 158, ЦИАТИМ-201
Гибкий вал спидометра	ЦИАТИМ-201
Переключатель указателя поворота	КСБ*
Стеклоподъемники, замки, стопорные механизмы дверей	ЛСЦ-15*
Монтаж деталей, работающих в контакте резина-металл	ДТ-1, ШРБ-4

\*Применяется в качестве несменяемой на весь период эксплуатации автомобиля.

**Совместимость пластичных смазок**

Марка смазки	Литол-24	Зимол	Лита
Солидол С	Н	Н	Н
Солидол Ж	С	С	Н
Консталин-1, 2	С	–	С
Смазка 1-13, жировая	С	С	С
Смазка автомобильная ЯНЗ-2	С	С	С
ЦИАТИМ-201	С	С	С
ЦИАТИМ-203	–	–	С
Литол-24	–	С	С
Зимол	С	–	С
Лита	С	С	–

*Примечание.* С – совместимость; Н – несовместимость.

**Оглавление**

Введение .....	3
Общие указания по выполнению лабораторных работ .....	4
Инструкция по технике безопасности при проведении лабораторных работ .....	6
Лабораторная работа № 1. Ознакомление с ассортиментом топлив.....	9
Лабораторная работа № 2. Определение фракционного состава топлива .....	23
Лабораторная работа № 3. Определение октанового числа бензина ...	38
Лабораторная работа № 4. Определение качества и вязкостно-температурной характеристики моторного масла .....	54
Лабораторная работа № 5. Определение качества пластичных консистентных смазок .....	66
Лабораторная работа № 6. Определение качества низкотемпературной жидкости .....	83
Лабораторная работа № 7. Определение сорта и качества жидкости для гидросистем .....	87
Рекомендуемая литература .....	89
Приложения .....	90

Учебное издание

**Виталий Борисович Джерихов**  
**Олег Михайлович Суворов**  
**Алексей Владимирович Соловьев**

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Редактор А. В. Афанасьева  
Корректор К. И. Бойкова  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 02.10.07. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.  
Усл. печ. л. 7,0. Уч.-изд. л. 7,12. Тираж 300 экз. Заказ 142. «С» 62.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 4.  
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 5.



**ДЛЯ ЗАПИСЕЙ**