

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

*Лабораторный практикум*

Минск  
БГАТУ  
2011

УДК 621.892(07)  
ББК 31.35я7  
Т58

*Рекомендовано научно-методическим советом  
агротехнического факультета БГАТУ.  
Протокол № 8 от 19 апреля 2010 года.*

Авторы:

старший преподаватель *Т. А. Варфоломеева*;  
заведующий кафедрой, доктор технических наук *А. И. Бобровник*;  
старший преподаватель *Н. А. Поздняков*;  
ассистент *В. М. Головач*;  
кандидат технических наук, доцент *Г. И. Гедроить*

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Тракторы» БНТУ,  
доктор технических наук, профессор *В. Н. Бойков*;  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры эксплуатации МТП БГАТУ *Н. Д. Янцов*

**Топливо, смазочные материалы и технические  
Т58 жидкости** : лабораторный практикум / Т. А. Варфоломеева  
[и др.]. – Минск : БГАТУ, 2011. – 92 с.  
ISBN 978-985-519-355-6.

Практикум предназначен для студентов агроинженерных специальностей, учащихся агротехнических колледжей и рекомендован инженерам сельскохозяйственного производства для использования в практической работе.

УДК 621.892(07)  
ББК 31.35я7

ISBN 978-985-519-355-6

© БГАТУ, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

---

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 4  |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ПРАВИЛА<br>ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....   | 6  |
| Лабораторная работа № 1<br>ОТБОР ПРОБ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ<br>ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА С ПОМОЩЬЮ<br>ЛАБОРАТОРИЙ РЛ И ПЛ-2М..... | 10 |
| Лабораторная работа № 2<br>ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ СОСТАВА<br>ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ЖИДКИХ ТОПЛИВ .....                                  | 18 |
| Лабораторная работа № 3<br>ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА<br>АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ .....                                       | 28 |
| Лабораторная работа № 4<br>ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА<br>ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ БЫСТРОХОДНЫХ ДИЗЕЛЕЙ .....                  | 38 |
| Лабораторная работа № 5<br>ОЦЕНКА ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ<br>МОТОРНОГО МАСЛА .....  | 51 |
| Лабораторная работа № 6<br>ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ<br>ОТРАБОТАННОГО МАСЛА .....  | 59 |
| Лабораторная работа № 7<br>ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА<br>ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК .....   | 67 |
| Лабораторная работа № 8<br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ<br>И СОСТАВА НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ .....                                   | 71 |
| ЛИТЕРАТУРА .....  | 79 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....  | 81 |

## ВВЕДЕНИЕ

---

Подъем экономики страны связан с развитием топливно-энергетической базы, с наращиванием объема добычи нефти и повышением качества продукции, выпускаемой нефтеперерабатывающими заводами.

Несмотря на интенсивное освоение альтернативных топлив и источников энергии, современные сельскохозяйственные производства расходуют значительную часть дизельного топлива, автомобильного бензина, моторных и трансмиссионных масел, специальных жидкостей и других нефтепродуктов, производимых в стране. Только стоимость потребленных топлив и смазочных материалов в структуре себестоимости конечной продукции доходит до 30 % и более.

Экономичность, надежность и долговечность работы тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин в большой степени зависит от качества нефтепродуктов и правильного выбора их сортов и марок при эксплуатации техники.

Технический прогресс в нефтеперерабатывающей промышленности позволил существенно улучшить качество бензина и дизельных топлив. Возросло производство высокоэффективных моторных и трансмиссионных масел, пластичных смазок и других нефтепродуктов. Это произошло в значительной мере за счет широкого использования эффективных присадок, повышающих эксплуатационные свойства нефтепродуктов. Значительно изменился ассортимент нефтепродуктов, вырабатываются новые высококачественные сорта масел для бензиновых и дизельных двигателей.

Большое значение имеет экономное и рациональное использование топлив и смазочных материалов. Во многих хозяйствах построены типовые нефтесклады, применяется закрытая механизированная заправка с помощью топливораздаточных колонок и передвижных заправочных агрегатов. Хорошо организована работа нефтехозяйств, налажен учет расходуемого топлива и смазочных материалов, применяются технически обоснованные нормы выработки и расхода топлива.

В нашей стране постоянно ведутся работы по улучшению качества выпускаемых нефтепродуктов, что в значительной мере способствует их экономному использованию. Трудности в решении проблемы рационального расходования топлив и масел в двигателях внутреннего сгорания связаны со сложностью протекающих в них процессов.

Совместное решение вопросов повышения качества товарных нефтепродуктов, совершенствование конструкций тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин, улучшение условий их эксплуатации будут способствовать повышению надежности и долговечности техники, рациональному использованию топлив и смазочных материалов. Например, неправильно выбранное моторное масло сократит ресурс и снизит надежность работы двигателя. Однако самые высококачественные масла не могут увеличить ресурс работы узла трения или механизма, если этот ресурс не предусмотрен конструктором. Смазочное масло должно иметь такой запас эксплуатационных свойств, который позволит нормально эксплуатировать узел трения на весь его рабочий ресурс, до установленного срока технического обслуживания или ремонта.

Основной целью раздела «Топливо, смазочные материалы и технические жидкости» является овладение студентами знаниями об эксплуатационных свойствах, качестве и рациональном применении топлива, масел, смазок и технических жидкостей в тракторах, автомобилях, комбайнах и другой сельскохозяйственной технике.

Инженер-механик сельскохозяйственного производства должен уметь технически грамотно подбирать сорта и марки топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей, а также контролировать их качество с помощью приборов.

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

---

Описание лабораторных работ основано на действующих стандартах по испытанию топлив и смазочных материалов, но порядок их проведения значительно упрощен и сокращен по объему для того, чтобы каждый студент мог усвоить суть работы, выполнить ее и получить вполне достоверные данные для сравнения с данными соответствующего стандарта (ГОСТ или ТУ).

К каждому лабораторному занятию студент должен подготовиться, для чего необходимо проработать соответствующие разделы учебника, лекционных материалов и лабораторного практикума.

В случае болезни или других уважительных причин пропущенные занятия должны быть отработаны в течение двух последующих недель.

Выполненная лабораторная работа считается зачетной после защиты студентом оформленного отчета.

Студенты, имеющие задолженность по лабораторному курсу, к зачету не допускаются.

### **Содержание отчета по выполненной лабораторной работе**

Основным документом о проведении исследования служит технический отчет. Отчет оформляется в соответствии с требованиями стандарта (ГОСТ или ТУ, для пользования внутри предприятия). При выполнении лабораторных работ по разделу «Топливо, смазочные материалы и технические жидкости» отчет составляется, в основном, по схеме, принятой на автотракторных и моторных заводах СНГ.

Отчет должен состоять из следующих разделов:

1. Объект испытаний.
2. Цель испытаний.
3. Программа испытаний.

4. Методика испытаний.
5. Результаты испытаний.
6. Выводы по испытаниям.

*Объектом испытаний* может быть изделие, технология или материал (с указанием конкретных признаков).

*Цель испытаний* включает краткое изложение задачи, которую необходимо решить.

*Программа испытаний* включает перечень основных этапов испытаний.

*Методика испытаний* содержит краткое изложение условий проведения испытаний, описание исследовательских установок, методик проведения со ссылкой, при необходимости, на утвержденные руководящие материалы или предыдущие работы.

*Результаты испытаний* включают полученные данные по всем пунктам, программы, в том числе: таблицы, графики и прочие иллюстративные материалы.

*Выводы* содержат сопоставительный анализ результатов, заключение о соответствии результатов испытаний требованиям стандарта (ГОСТ или ТУ).

Первые четыре раздела отчета выполняются до начала испытаний. Кроме того, до начала испытаний должны быть подготовлены протоколы испытаний для занесения полученных экспериментальных данных.

### **Основные правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ**

1. Все работы, сопровождающиеся выделением ядовитых паров, производить в вытяжном шкафу.
2. Нельзя пробовать на вкус и вдыхать химические вещества.
3. Запрещается держать близ огня бутылки с нефтепродуктами, а также проводить работу с легковоспламеняющимися веществами.
4. Нельзя сливать нефтепродукты и органические растворители в раковину.
5. Запрещается наклоняться над посудой, в которую наливают или перемешивают нефтепродукты, чтобы избежать попадания в глаза брызг.
6. При перегонке нефтепродуктов сначала подается вода в холодильник, а затем включается электронагреватель. Во время перегонки необходимо постоянно следить за работой прибора.

7. Перед проведением испытаний необходимо проверить, чтобы стеклянная посуда была чистой и без трещин.

8. При случайном разливе нефтепродуктов и органических растворителей следует немедленно выключить нагревательные приборы, а с места разлива убрать жидкость.

9. Каждый работающий в лаборатории должен уметь пользоваться средствами пожаротушения. Необходимо помнить, что вода не используется для тушения нефтепродуктов и органических растворителей.

10. Каждый работающий в лаборатории должен знать, где находится аптечка, и уметь оказать первую помощь пострадавшему.

11. В случае пожара необходимо выключить приточно-вытяжную вентиляцию, электрорубильник и немедленно принять меры к ликвидации пожара (песок, огнетушитель, брезент). При необходимости вызвать службу МЧС по тел. 101.

После прохождения инструктажа каждый студент расписывается в специальном журнале по технике безопасности.

### **Рекомендуемые вопросы для входного контроля:**

1. Какие основные химические элементы входят в состав топлива?
2. Какой показатель определяет тепловую ценность топлива?
3. Какие основные химические реакции определяют процесс горения?
4. Дайте определение цепной реакции.
5. Укажите основные классы углеводородов, входящих в состав нефти.
6. Что такое непредельные углеводороды?
7. Что такое КПД двигателя?
8. Какие особенности устройства ДВС обеспечивают их сравнительно высокий КПД?
9. Какой конструктивный параметр дизеля обеспечивает его более высокий КПД, чем у бензинового двигателя?
10. Укажите особенности рабочего процесса бензинового двигателя.
11. Укажите особенности рабочего процесса дизеля.
12. В чем состоят особые условия работы смазочного масла в ДВС?
13. Что такое приемистость мобильной машины?
14. В чем состоят проблемы зимней эксплуатации автотракторной техники, вызванные применением современных топлив и смазочных масел?

15. В каких узлах трения двигателя особенно увеличивается сопротивление при повышении вязкости моторного масла зимой?

16. Укажите следствия перегрева и переохлаждения ДВС.

17. Что такое форсирование ДВС, чем вызвана его необходимость и по каким направлениям оно проводится?

18. По какой основной причине осуществлялся переход с карбюраторных двигателей на двигатели с управляемым распределенным впрыском бензина?

19. Какие перспективные технологические направления улучшения топливной экономичности ДВС вы знаете?

20. Чем вызвано проводящееся в последнее время широкое исследование возможности применения альтернативных топлив и смазочных материалов?

Лабораторная работа № 1

---

## **ОТБОР ПРОБ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА С ПОМОЩЬЮ ЛАБОРАТОРИЙ РЛ И ПЛ-2М**

*Цель работы:* изучить назначение и состав полевых и ручных лабораторий.

*Студент должен знать:* основы правил отбора и подготовки проб нефтепродуктов, функциональное назначение и состав лабораторий, перечень показателей нефтепродуктов, определяемых с помощью изученных лабораторий;

*уметь:* развернуть изученные лаборатории и подготовить их к работе, свернуть лаборатории, простейшими методами определять некоторые показатели качества.

### **Основные сведения**

На каждый вид нефтепродукта существует ГОСТ (государственный стандарт) или ТУ (технические условия). В них приведены численные значения важнейших характеристик нефтепродуктов. Заводы-изготовители гарантируют соответствие качества нефтепродуктов ГОСТам или ТУ.

Изготовленная партия нефтепродукта получает сопровождающие документы, в которых указываются: дата изготовления, сорт, марка, номер партии и результаты определения физико-химических показателей.

На каждом этапе перевозки и хранения возможно ухудшение качества нефтепродуктов (испарение легких фракций бензинов, окисление с образованием смолистых веществ, загрязнение механическими примесями, обводнение). Именно поэтому на распределительных нефтебазах в химических лабораториях проверяют основные свойства принимаемых нефтепродуктов и составляют *паспорт качества*, если нефтепродукты полностью отвечают требованиям

стандартов. В случае обнаружения отклонения от требований стандартов нефтепродукт бракуют. Из каждой поступившей партии продукта берут контрольную (арбитражную) пробу, которую определенный срок хранят в лаборатории базы. Если при эксплуатации машин у потребителей возникают неполадки в работе и сомнения в качестве использованных нефтепродуктов, проводят анализ контрольной пробы.

Нефтебаза обязана выдавать представителю хозяйства, получающему топливо и смазочные материалы, копии паспортов качества.

В хозяйствах качество нефтепродуктов контролируют систематически и непосредственно перед применением. Отклонение физико-химических и эксплуатационных показателей нефтепродуктов от требований ГОСТ приводит не только к перерасходу топлива, но отрицательно сказывается на надежности и долговечности машин. Все это вызывает дополнительные эксплуатационные расходы на содержание техники и увеличивает себестоимость продукции. В условиях сельскохозяйственного производства из-за отсутствия оборудования, приборов и лабораторий часто невозможно полностью проанализировать и установить качество применяемого или хранимого нефтепродукта. В этом случае следует пользоваться простейшими методами, которые позволяют упрощенно определить качество топлива, смазочных масел и технических жидкостей и сделать заключение об их пригодности. Для этого выпускают комплекты приборов, например: ручные лаборатории (РЛ) и полевые лаборатории (ПЛ-2М).

Контроль качества нефтепродуктов в хозяйствах необходим, поскольку его ухудшение может происходить непосредственно в хозяйстве: перевозке, заливке в недостаточно чистую тару, хранении в плохо оборудованных резервуарах, приемо-сдаточных операциях и заправке машин. Причем, основная и непосредственная причина ухудшения качества нефтепродуктов – разгерметизация емкостей.

Таким образом, контроль качества топлива и смазочных материалов необходим для обеспечения надежной эксплуатации тракторов и автомобилей в течение длительного срока и снижения эксплуатационных расходов.

#### **Основы правил отбора и подготовки пробы для анализа**

Результаты лабораторных анализов будут достоверны лишь в том случае, если правильно отобрана и подготовлена проба

образца. Руководствоваться при этом необходимо ГОСТ 2517-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб».

Особые требования к отбору проб предъявляются потому, что при хранении в емкостях состав топлива, смазочных материалов и технических жидкостей на разных уровнях неоднороден по плотности, фракционному составу, содержанию механических примесей и воды.

Проба нефтепродукта может быть *индивидуальной*, характеризующей его качество на определенном уровне в резервуаре или другой емкости; *средней*, которая характеризует среднее качество нефтепродукта во всем резервуаре или в нескольких тарных емкостях; *контрольной*, которая представляет собой часть индивидуальной или средней пробы. Средняя проба получается путем смешивания нескольких индивидуальных проб, число которых зависит от объема, формы и числа резервуаров.

Отбор проб жидкого топлива (нефтепродуктов) осуществляют из резервуаров с помощью специальных пробоотборников (например, с помощью лота, входящего в состав лаборатории РЛ). При отборе проб из резервуаров сначала с помощью водочувствительной бумаги или пасты определяют толщину слоя воды, скопившейся под нефтепродуктом. Если слой воды больше допустимого, ее избыток спускают через сливные краны. Затем приступают к отбору средней пробы нефтепродукта.

Пробу из резервуаров отбирают порциями через верхний люк: первую порцию берут на глубине, равной 10 % высоты налива, вторую – на уровне центра сливной трубы и третью – на середине расстояния от поверхности нефтепродукта до центра сливной трубы. Далее все три одинаковые по объему порции сливают в одну посуду, перевешивают и составляют среднюю пробу.

При отборе проб из цистерн (в случае, если цистерна двухосная) берут одну пробу на пересечении линии, проходящей через центр заливного люка цистерны и горизонтальной ее оси. Из цистерны большей вместимости (четырёхосной) для приготовления средней пробы берут две равные порции: одну на расстоянии 200 мм от уровня поверхности нефтепродукта, а другую – на расстоянии 200 мм от дна цистерны. Затем их сливают в одну посуду.

При отборе пробы из мелкой тары пользуются трубчатыми пробоотборниками.

Пробы пластичных смазок отбирают с помощью винтообразного или поршневого пробоотборников.

Объем пробы для контрольного анализа топлива или масла должен быть не менее 0,8 л; для полного анализа – 2 л; для смазок, соответственно, 0,8 и 1,5 л.

Пробы газообразного топлива отбирают под давлением или при небольшом избыточном давлении специальными пробоотборниками.

Кроме того, существуют методы отбора проб смазочного масла для экспресс-анализа. По результатам экспресс-анализа можно судить как о состоянии масла, так и о техническом состоянии узла смазки: по содержанию в масле продуктов износа деталей узла.

Отбор пробы производится поршневым шприцем, при этом масло в агрегате должно быть горячим и перемешанным. Такие пробы масла, как минимум, подвергаются анализу на содержание топлива, антифриза и воды. Кроме того, обычно проводится анализ на спектрофотометрической установке на содержание в смазочном масле алюминия, меди, хрома, железа, кремния и некоторых других элементов.

Такие экспресс-анализы обычно проводятся по методикам фирм-изготовителей техники. Отечественная методика отбора проб отработанного масла из картеров двигателей тракторов определена ГОСТ 2517-85.

### Описание лабораторий РЛ и ПЛ-2М

Для контроля качества нефтепродуктов простейшими способами выпускают: ручную лабораторию, РЛ; полевую лабораторию, ПЛ-2М и другие. В комплект лабораторий РЛ и ПЛ-2М входят приборы, необходимые для контроля тех свойств топлива, смазочных масел и технических жидкостей, которые в наибольшей степени изменяются при транспортировании, хранении и отпуске. Причем, полевая лаборатория ПЛ-2М дает возможность проводить более сложный и широкий анализ физико-химических показателей исследуемых нефтепродуктов.

#### Полевая лаборатория ПЛ-2М

Корпус лаборатории представляет собой деревянный ящик, на петлях которого навешены двусторчатые дверцы. Корпус и дверцы разделены перегородками на 26 отделений, в которых размещено оборудование, входящее в комплект лаборатории. Все отделения пронумерованы, дан перечень помещенного в них имущества. Приборы, посуда и химические реактивы размещаются

в гнездах и закреплены при помощи поясков, вертушек и других приспособлений. Для отбора проб нефтепродуктов лаборатория снабжена четырьмя пробоотборниками. Для приведения лаборатории ПЛ-2М в рабочее положение в отведенном помещении ее устанавливают на ножки, раскрывают дверцы корпуса и крышки стола, проверяют горизонтальность стола, вынимают необходимые приборы и реактивы и размещают их на столе. Время, необходимое для развертывания лаборатории в рабочее положение, 90 мин. Для свертывания лаборатории необходимо 45 мин.

#### Ручная лаборатория РЛ

Размещается в деревянном ящике с откидной крышкой. Все оборудование находится в специальных гнездах и закреплено поясками и вертушками. Лаборатория может быть развернута в помещении, палатке, под навесом или в другом укрытии, защищающем от ветра и атмосферных осадков. Для приведения лаборатории в рабочее положение надо открыть крышку ящика, откинуть штатив с нефтенсиметрами, вынуть и разместить на рабочем месте необходимые приборы и реактивы.

Время, необходимое для развертывания лаборатории в рабочее положение, 5 мин. Для свертывания лаборатории необходимо также 5 мин.

Лаборатория позволяет измерять толщину слоя нефтепродуктов и отбирать пробы. Для этого в комплект лаборатории входит лот с рулеткой (рис. 1) и пробоотборники.

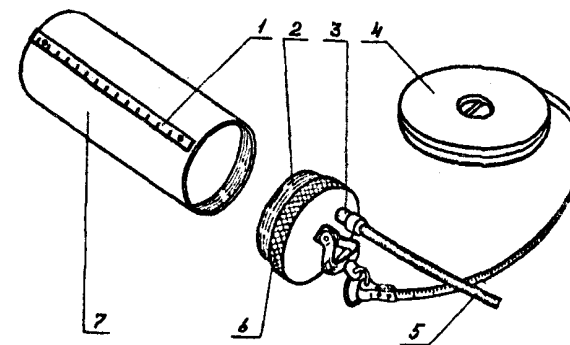


Рис. 1. Лот с рулеткой для отбора проб топлива:  
1 – линейка, 2 – резьба, 3 – шуруц, 4 – рулетка,  
5 – резиновая трубка, 6 – крышка, 7 – стакан

Лот служит для взятия проб из резервуаров, цистерн и других крупных емкостей. При отборе пробы зажимают верхний конец резиновой трубки 5 и при помощи рулетки 4 опускают лот в цистерну на необходимую глубину. После этого резиновую трубку разжимают, и нефтепродукт заполняет стакан 7. Пробоотборник извлекают из цистерны, отвинчивают крышку 6 и выливают пробу топлива в чистую посуду. Для определения высоты слоя воды, находящегося на дне резервуара, на линейку 1 наносят тонкий слой водочувствительной пасты или приклеивают к ней водочувствительную бумагу. Пробоотборник опускают в цистерну и устанавливают его на дне. Затем извлекают пробоотборник и по изменившемуся цвету пасты или бумаги на линейке лота определяют толщину слоя воды на дне резервуара.

В лаборатории присутствует марганцовокислый калий, с помощью которого определяют наличие воды на дне емкости. Несколько кристаллов марганцовокислого калия заворачивают в белую ткань и опускают пакетик на дно емкости. Появление малинового окрашивания ткани после выдерживания пакетика на дне резервуара в течение 3–4 мин указывает на наличие воды на дне под слоем топлива.

Лаборатория содержит также отстойники и пробирки для визуальной оценки чистоты нефтепродуктов. При определении содержания механических примесей в масле с помощью отстойника с градуированной ловушкой необходимо помнить, что примеси в маслах осаждаются медленно, поэтому масла разбавляют бензином. Кроме того, отстойник может быть опущен в теплую воду для ускорения отстаивания.

Наличие влаги в масле можно определить пробой на потрескивание. Для этой цели 2–3 мл тщательно перемешанного масла осторожно нагревают в пробирке. При наличии воды слышно слабое потрескивание, масло пенится, на верхней части пробирки конденсируется вода.

Присутствие абразивных механических примесей в масле определяют пробой на истирание. На плоское чистое стекло наносят одну-две капли испытуемого масла и накрывают вторым стеклом. Затем передвигают стекла одно относительно другого, плотно прижав их пальцами. Если в масле присутствуют абразивные механические примеси, слышен характерный резкий скрип.

Для определения плотности нефтепродуктов лаборатория РЛ снабжена нефтенсиметрами, для определения температуры застывания низкотемпературных жидкостей (антифризов) – гидрометром,

для определения кинематической вязкости масел – полевыми вискозиметрами. В комплект входят также реактивы и химическая посуда для определения водорастворимых кислот и щелочей, непредельных углеводородов.

В целом, перечень анализов, возможных к выполнению при помощи лабораторий ПЛ-2М и РЛ, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Показатели, определяемые при помощи лабораторий ПЛ-2М и РЛ

| Показатель<br>(прибор для определения)   | ПЛ-2М   |       |        | РЛ      |       |        |
|--|---------|-------|--------|---------|-------|--------|
|  | ТОПЛИВО | МАСЛО | СМАЗКИ | ТОПЛИВО | МАСЛО | СМАЗКИ |
| Плотность (нефтенсиметр)   | +       | +     | –      | +       | +     | –      |
| Фракционный состав нефтепродуктов (аппарат разгонки)                           | +       | –     | –      | –       | –     | –      |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей (химические индикаторы)            | +       | +     | –      | +       | +     | –      |
| Кислотность (химические индикаторы)  | +       | +     | –      | –       | –     | –      |
| Температура застывания и помутнения (охлаждение в пробирке)                    | +       | +     | –      | –       | –     | –      |
| Кинематическая вязкость (вискозиметр)  | +       | +     | –      | +       | +     | –      |
| Температура вспышки в открытом тигле   | +       | +     | –      | –       | –     | –      |
| Содержание воды (отстойники, химические индикаторы, пробой на потрескивание)   | +       | +     | +      | +       | +     | +      |
| Содержание механических примесей (отстойники, фильтрация, пробой на истирание) | +       | +     | +      | +       | +     | +      |
| Температура каплепадения (термометр Уббеллоде)                                 | –       | –     | +      | –       | –     | –      |



### Практическая работа:

1. Частично развернуть полевую лабораторию ПЛ-2М в рабочее положение. Изучить состав лаборатории и основные технические характеристики приборов. Свернуть лабораторию.

2. Развернуть ручную лабораторию РЛ в рабочее положение. Изучить состав лаборатории и основные технические характеристики приборов. Свернуть лабораторию.

3. Произвести пробные опыты по определению:

– содержания воды и механических примесей (проба на потрескивание, проба на истирание);

– плотности бензина или дизельного топлива;

– кинематической вязкости моторного масла.

4. Результаты измерений занести в отчет.

Отчет по данной работе должен содержать:

– основные сведения о методах отбора проб нефтепродуктов;

– основные сведения о лабораториях ПЛ-2М и РЛ;

– краткую методику и результаты пробных опытов.

### Контрольные вопросы:

1. Что приводит к ухудшению качества нефтепродуктов при их транспортировке и хранении?

2. На каком этапе транспортировки топлива составляется паспорт качества?

3. Какие существуют пробы нефтепродуктов?

4. Как и с какой целью берутся пробы смазочного масла для экспресс-анализа?

5. Какие лаборатории выпускаются для оценки качества нефтепродуктов простейшими методами?

6. Перечислите основные возможности этих лабораторий.

7. Как берутся пробы из резервуаров и цистерн?

8. Как можно определить наличие воды на дне резервуара?

9. Что определяется пробой на истирание и пробой на потрескивание?

### Лабораторная работа № 2

## ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ СОСТАВА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ЖИДКИХ ТОПЛИВ

*Цель работы:* изучить состав продуктов сгорания углеводородных жидких топлив, основные нормы и методы контроля токсичности продуктов сгорания.

*Студент должен знать:* состав продуктов сгорания и их токсичные компоненты, нормы на токсичность отработавших газов (ОГ) ДВС, технические мероприятия, направленные на снижение токсичности ОГ ДВС;

*уметь:* производить контроль токсичных веществ в ОГ ДВС.

### Основные сведения

Горение топлива – физико-химический процесс окисления, который сопровождается интенсивным выделением теплоты и излучением света.

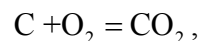
В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) окислителем служит атмосферный воздух, содержащий 21 % кислорода по объему. Если для горения подается воздуха меньше, чем требуется для полного сгорания топлива, то образуются продукты неполного сгорания. Если больше, выделяющаяся теплота нерационально расходуется на нагрев излишнего воздуха, уносящегося с продуктами сгорания.

Теоретически топливо полностью сгорает при *стехиометрическом соотношении* топлива и окислителя (от греч. «стехион» – первоначало, основа, элемент). Стехиометрическое соотношение – численное соотношение между количествами реагирующих веществ, соответствующее уравнениям химических реакций между реагирующими веществами.

К продуктам полного сгорания относятся углекислый газ  $\text{CO}_2$ , водяной пар  $\text{H}_2\text{O}$ , сернистый газ  $\text{SO}_2$ ; к продуктам неполного сгора-

ния – оксид углерода CO, водород H<sub>2</sub>, несгоревшие углеводороды C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> (например, метан CH<sub>4</sub>), углерод C (в виде сажи) и другие.

Способ смесеобразования оказывает существенное влияние на процесс горения. Различают горение *кинетическое*, когда смесеобразование предшествует процессу горения, а скорость сгорания определяется скоростью химических реакций, и *диффузионное*, когда оба процесса происходят одновременно, а скорость сгорания определяется интенсивностью диффузии. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания зависит от элементного состава топлива. Реакция полного горения для углекислого газа:



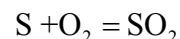
или



или



Для сернистого ангидрида:



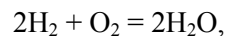
или



или



Для водяного пара:



или



или



Таким образом, теоретически необходимое массовое количество кислорода  $L_{Т.К}$  (кг) для полного сгорания 1 кг топлива:

$$L_{Т.К} = \frac{(2,67C+8H+S-O)}{100},$$

где C, H, S и O – содержание элементов в топливе, численно равное % по массе.

Массовое количество воздуха  $L_{Т.В}$  (кг), теоретически необходимое, для полного сгорания 1 кг топлива:

$$L_{Т.В} = \frac{(2,67C+8H+S-O)}{23,2},$$

Теоретически необходимое объемное количество воздуха  $L_{Т.В}$  (м<sup>3</sup>) плотности  $\rho = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> (при температуре 0 °С и нормальном давлении 101,3 кПа):

$$L'_{Т.В} = \frac{(2,67C+8H+S-O)}{23,2 \cdot 1,293} = \frac{(2,76C+8H+S-O)}{30}.$$

Действительное количество воздуха в реальных условиях сгорания топлива обычно несколько больше теоретического.

*Коэффициент избытка воздуха* – отношение действительно израсходованного количества воздуха для горения к теоретически необходимому для полного сгорания топлива, то есть:

$$\alpha \frac{L_{Д.В.}}{L_{Т.В.}} \text{ тогда } L_{Д.В.} = \alpha L_{Т.В.}$$

В ДВС с искровым зажиганием (бензиновых) на режимах нагрузки, близких к номинальной, топливо сгорает, как правило, при небольшом коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = 1,05-1,15$ . На тех же режимах нагрузки у безнаддувных дизелей коэффициент избытка воздуха должен быть значительно выше и составляет  $\alpha = 1,40-1,70$ . Для дизелей с наддувом, близким к оптимальному, считается  $\alpha = 2,00$ . Газовые двигатели работают с  $\alpha = 1,03-1,08$ .

### Исследование состава продуктов сгорания

Средства измерений, предназначенные для количественного определения состава газа, называются газоанализаторами и газовыми хроматографами.

Современные газоанализаторы позволяют определять в газовой смеси количество: двуокиси углерода  $\text{CO}_2$ ; кислорода  $\text{O}_2$ ; окиси углерода и водорода  $\text{CO} + \text{H}_2$ ; угарного газа  $\text{CO}$ ; водорода  $\text{H}_2$ ; метана  $\text{CH}_4$  и других газов.

Различают газоанализаторы:

- химические, основанные на измерении пробы газа после избирательного поглощения анализируемого компонента;
- тепловые, основанные на изменении тепловых свойств определяемого компонента газовых смесей, являющихся мерой его концентрации (теплопроводность или полезный тепловой эффект реакции каталитического окисления);
- магнитные на кислород, основанные на измерении магнитных свойств кислорода (объемная магнитная восприимчивость и удельная или массовая магнитная восприимчивость);
- оптические, основанные на использовании оптических свойств анализируемой газовой смеси от изменения концентрации измеряемого компонента (спектральное поглощение, оптическая плотность, показатель преломления, спектральное излучение газовой смеси и др.).

Применяются газовые хроматографы (от греч. «хрома», «хроматос» – цвет, окраска); и вначале методы разделения различных веществ проводились с окрашенными веществами, в настоящее время хроматографы применяют для разделения и бесцветных веществ, но наименование методов осталось прежним. Хроматографы, газов подразделяются на газоадсорбционные и газожидкостные (по виду адсорбента).

### Методика определения состава отработавших газов

*Описание оборудования.* Для измерения содержания вредных веществ и коэффициента избытка воздуха (лямбда-параметр) в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями, оснащенными трехкомпонентными системами нейтрализации, применяют 4-канальные газоанализаторы, предназначенные для измерения содержания оксида углерода ( $\text{CO}$ ), углеводородов ( $\text{CH}$ ), диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и кислорода ( $\text{O}_2$ ).

Данным требованиям соответствует газоанализатор АСКОН-02.13 (рис. 2), соответствующий требованиям ГОСТ Р 52033-2003. Техническая характеристика АСКОН-02.13 и измеряемые параметры представлены в табл. 2.



Рис. 2. Газоанализатор АСКОН-02.13

Таблица 2

Техническая характеристика и измеряемые параметры газоанализатора АСКОН-02.13

| Параметры  | Значения    |
|--|-------------|
| Время прогрева, мин, не более  | 30          |
| Время установления показаний $\text{CH}$ , $\text{CO}$ , $\text{CO}_2$ , с, не более                                     | 30          |
| Время установления показаний $\text{O}_2$ , с, не более  | 60          |
| Напряжение питания, В  | 12/220      |
| Масса, кг  | 7,0         |
| Габариты, мм   | 300×150×360 |
| Срок службы кислородного датчика, лет  | 5           |
| Окись углерода $\text{CO}$ , %, с дискретностью измерения 0,01% и относительной погрешностью ±6%                         | 0–7,0       |
| Сумма углеводородов $\text{CH}$ , $\text{ppm}$ с дискретностью измерения 1 $\text{ppm}$ и относительной погрешностью ±6% | 0–3000,0    |
| Двуокись углерода $\text{CO}_2$ , %, с дискретностью измерения 0,1% и относительной погрешностью ±6%                     | 0–16,0      |

Окончание табл. 2

| Параметры  | Значения          |
|--|-------------------|
| Кислород O <sub>2</sub> , %, с дискретностью измерения 0,1% и относительной погрешностью ±6%                               | 0–21,0            |
| Частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин, с дискретностью измерения 1 об/мин и приведенной погрешностью ±2,5%   | 0–1200<br>0–10000 |
| Температура масла двигателя или охлаждающей жидкости, °С, с дискретностью измерения 1 °С и приведенной погрешностью ±2,5 % | 20–100            |
| Коэффициент избытка воздуха (λ-параметр)   | 0–2,0             |

Прибор состоит из самого измерительного блока (газоанализатора), газозаборного зонда (пробозаборник), пробоотборного шланга, блока фильтров грубой очистки (ФГУ и Ф), датчика частоты вращения, датчика температуры масла, кабеля для подключения к сети 220 В, кабеля для подключения питания +12 В.

Табло результатов измерения выхлопных газов и кнопки управления газоанализатором представлены на лицевой панели прибора (рис. 2). Автомобильный газоанализатор АСКОН измеряет и показывает концентрации окиси углерода СО (в %); суммы углеводородов СН (объемные доли, млн<sup>-1</sup>); двуокиси углерода СО<sub>2</sub> (в %). На функциональном цифровом индикаторе (п/О<sub>2</sub>/лямбда/град С) при нажатии на кнопку «ФУНКЦ ИНДИКАТОР» последовательно отображаются следующие результаты измерений:

- частота вращения коленчатого вала (мин<sup>-1</sup>) (тахометр);
- концентрация кислорода (О<sub>2</sub>) (в %);
- содержание кислорода в отработавших газах (λ-параметр, безразмерная величина);
- температура масла охлаждающей жидкости двигателя (°С).

### Методика измерений

Согласно ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности» содержание окиси углерода (СО) и суммы углеводородов (СН) в отработавших газах

автомобилей определяют при работе двигателя автомобиля на холостом ходу для двух частот вращения коленчатого вала, установленных предприятием-изготовителем: минимальной  $n_{\min}$  и повышенной  $n_{\text{пов}}$  (в диапазоне 2000 мин<sup>-1</sup>–0,8  $n_{\text{ном}}$ ). Предельно допустимые значения содержания СО и СН на этих режимах работы приведены в табл. 4.

Таблица 4

Предельно допустимые значения содержания окиси углерода и суммы углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями

| Частота вращения | Предельно допустимое содержание окиси углерода, объемная доля, % | Предельно допустимое содержание суммы углеводородов, объемная доля, млн <sup>-1</sup> (ppm) |         |
|------------------|--|---|---------|
|                  |  | для двигателей с числом цилиндров   |         |
|                  |  | до 4  | более 4 |
| $n_{\min}$       | 1,5  | 1200  | 3000    |
| $n_{\text{пов}}$ | 2,0  | 600   | 1000    |

После подготовки автомобильного газоанализатора к работе проводят измерения содержания окиси углерода (СО), диоксида углерода (СО<sub>2</sub>) и кислорода (О<sub>2</sub>) в выхлопных газах автомобиля.

Перед измерением двигатель автомобиля прогревают до температуры не ниже рабочей температуры моторного масла или охлаждающей жидкости, указанных в инструкции по эксплуатации автомобиля, но не ниже 60 °С, для чего опускают датчик измерения температуры (термошуп) газоанализатора в картер двигателя автомобиля через отверстие масляного щупа или в расширительный бачок с охлаждающей жидкостью, переключив при этом функциональный индикатор прибора в состояние измерения температуры масла.

После прогрева двигателя автомобиль готовят к измерениям в следующем порядке:

- устанавливают рычаги переключения передач (избиратель передачи для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение;
- затормаживают автомобиль стояночным тормозом и глушат двигатель;
- подключают датчик тахометра к высоковольтному проводу первого цилиндра;
- вводят пробоотборный зонд газоанализатора в выпускную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от среза (при косом срезе выпускной трубы глубину отсчитывают от короткой кромки среза);

– полностью открывают воздушную заслонку карбюратора (при наличии карбюратора).

*Проведение измерений на автомобилях, не оснащенных системами нейтрализации отработавших газов.*

1. Перед проведением измерений проверяют и устанавливают нулевые показания газоанализатора на цифровых индикаторах «СО» и «СН» прибора, нажав кнопку «КАЛИБР».

2. Измерения проводят в следующем порядке:

– запускают двигатель, нажимая на педаль управления дроссельной заслонкой, увеличивают частоту вращения коленчатого вала двигателя до повышенной частоты ( $n_{пов}$ ) и работают в этом режиме не менее 15 с, переключив при этом функциональный индикатор автомобильного газоанализатора в состояние измерения частоты вращения КВД и фиксируя показания частоты вращения по прибору;

– отпускают педаль управления дроссельной заслонкой, устанавливая минимальную частоту вращения вала двигателя ( $n_{мин}$ ) и, фиксируя показания частоты вращения по прибору, включают насос прибора кнопкой «НАСОС» (при этом загорается рядом стоящий красный светодиод) и, не ранее чем через 30 с, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов, считывая показания с соответствующих цифровых индикаторов лицевой панели;

– устанавливают повышенную частоту вращения ( $n_{пов}$ ), фиксируют показания частоты вращения по прибору и, не ранее чем через 30 с, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов, считывая показания с соответствующих цифровых индикаторов лицевой панели.

*Проведение измерений на автомобилях, оснащенных системами нейтрализации отработавших газов.*

1. Перед проведением измерений проверяют и устанавливают нулевые показания автомобильного газоанализатора на цифровых индикаторах «СО», «СН» и «СО<sub>2</sub>», нажав кнопку «КАЛИБР».

2. Измерения проводят в следующем порядке:

– запускают двигатель, нажимая на педаль управления дроссельной заслонкой, увеличивают частоту вращения коленчатого вала двигателя до  $n_{пов}$ , фиксируют показания частоты вращения по прибору, выдерживают этот режим в течение 2–3 мин (при температуре окружающего воздуха 0 °С – 4–5 мин), включают насос прибора кнопкой «НАСОС» (при этом загорается рядом стоящий красный светодиод). После стабилизации показаний измеряют содержание СО, СН, СО<sub>2</sub>, считывая показания с соответствующих

цифровых индикаторов лицевой панели автомобильного газоанализатора, фиксируют значение содержания кислорода в отработавших газах  $\lambda$ , переключив при этом функциональный индикатор прибора в состояние измерения  $\lambda$ -параметра;

– устанавливают минимальную частоту вращения вала двигателя  $n_{мин}$ , переключив при этом функциональный индикатор газоанализатора в состояние измерения частоты вращения КВД, и, фиксируя показания частоты вращения по прибору, не ранее чем через 30 с, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов, считывая показания с соответствующих цифровых индикаторов лицевой панели газоанализатора. Приступить к измерению на  $n_{мин}$  мин следует не позднее чем через 30 с после проверки в режиме  $n_{пов}$ .

После проведения измерений:

1. Заглушить двигатель.
  2. Выключить насос прибора повторным нажатием кнопки «НАСОС».
  3. Снять датчик измерения частоты вращения, датчик измерения температуры и вынуть пробозаборник из выхлопной трубы автомобиля.
- Результаты измерений следует занести в табл. 4.

### Практическая работа:

1. Ознакомиться с конструкцией и основными техническими данными имеющегося газоанализатора.
2. Изучить основы методики оценки токсичности ОГ ДВС с помощью имеющегося газоанализатора.
3. Выполнить измерения содержания вредных веществ в отработавших газах бензиновых двигателей двух-трех автомобилей.
4. Оформить результаты измерений (табл. 5) и дать заключение о соответствии содержания отработавших газов каждого из автомобилей действующим экологическим нормам.

Отчет по данной работе должен содержать:

- краткие сведения по теме работы;
- краткие сведения о конструкции имеющегося газоанализатора и методике оценки токсичности ОГ ДВС с его помощью;
- результаты определения содержания вредных веществ в отработавших газах;
- анализ и выводы.

Таблица 5

Результаты измерений и анализ содержания окиси углерода и суммы углеводородов в отработанных газах автомобилей

| Марка и ГН автомобиля | Содержание вредных выбросов в отработавших газах |            |            |            |   |            |            |            |
|-----------------------|--|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|
|                       | окиси углерода, объемная доля, %                 |            |            |            | суммы углеводородов, объемная доля, млн <sup>-1</sup> (ppm) |            |            |            |
|                       | измерено   |            | допустимо  |            | измерено  |            | допустимо  |            |
|                       | $n_{\min}$                                       | $n_{\max}$ | $n_{\min}$ | $n_{\max}$ | $n_{\min}$  | $n_{\max}$ | $n_{\min}$ | $n_{\max}$ |
| Авт. № 1              |  |            |            |            |   |            |            |            |
| Авт. № 2              |  |            |            |            |   |            |            |            |
| Авт. № 3              |  |            |            |            |   |            |            |            |

### Контрольные вопросы:

1. Что такое горение?
2. Назовите продукты полного и неполного сгорания топлива.
3. Что такое стехиометрическое соотношение между топливом и окислителем?
4. Что такое коэффициент избытка воздуха?
5. Чему равен коэффициент избытка воздуха при работе ДВС на стехиометрическом соотношении между топливом и окислителем?
6. С каким коэффициентом избытка воздуха работают известные Вам ДВС?
7. Назовите средства измерения, предназначенные для измерения и контроля количественного состава газовых смесей.
8. Опишите порядок измерения СО и СН с помощью газоанализатора.
9. Содержание каких токсичных веществ в ОГ ДВС нормируется нормами Euro?
10. Назовите основные направления научно-технических разработок, направленных на снижение токсичности ОГ ДВС.
11. Какие устройства применяются для обработки ОГ бензиновых и дизельных двигателей для снижения их токсичности? Объясните основы устройства и принцип работы.

### Лабораторная работа № 3

## ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

*Цель работы:* изучить методы оценки основных показателей качества автомобильного бензина.

*Студент должен знать:* методы оценки показателей качества автомобильного бензина, отрицательное влияние отклонений показателей качества бензина на работу двигателя;

*уметь:* определять основные показатели качества автомобильного бензина лабораторным путем и делать заключение о его пригодности к использованию.

### Основные сведения

Качество нефтепродуктов нормируется стандартами (ГОСТ или ТУ). При выпуске заводом-изготовителем нефтепродукта, его показатели соответствуют стандарту и удостоверяются специальным документом – паспортом. Однако в процессе транспортировки и хранения возможно изменение качества нефтепродуктов, поэтому необходим систематический контроль их основных показателей на соответствие стандарту.

В условиях сельскохозяйственного производства используются комплекты приборов, объединенные в полевую, ПЛ-2М, или ручную, РЛ, лаборатории, которые позволяют успешно определить качество нефтепродуктов и сделать заключение об их пригодности.

В случае отклонения физико-механических показателей дизельного топлива от требований ГОСТ использование его не допускается.

Простейшими методами можно определить следующие показатели качества бензина.

По *цвету* автомобильного бензина можно судить о содержании в нем растворенных смолистых соединений, по *прозрачности* топлива можно судить о наличии эмульсионной воды и механических примесей. Наличие воды и механических примесей в топливе и масле ГОСТ не допускает.

*Плотность топлива* обязательно определяется при сдаче-приемке с целью учета массы нефтепродуктов.

Различают абсолютную и относительную плотность вещества.

Абсолютная плотность – масса, содержащаяся в единице объема. За единицу плотности принимают массу  $1 \text{ м}^3$  при  $4 \text{ °С}$ .

Относительная плотность – безразмерная величина, отношение массы вещества к массе дистиллированной воды при  $4 \text{ °С}$ , взятой в том же объеме.

По ГОСТу, плотность нефтепродуктов, замеренную при температурах, отличающихся от  $25 \text{ °С}$ , необходимо приводить к нормальной температуре  $20 \text{ °С}$ . В соответствии с действующим стандартом плотность нефтепродукта обозначается  $\rho_4^{20}$ . Цифра 20 обозначает, что плотность нефтепродукта относят к нормальной температуре  $20 \text{ °С}$ , цифра 4 обозначает, что плотность нефтепродукта относят к плотности воды при  $4 \text{ °С}$ , принятой за единицу.

Относительная плотность дизельного топлива находится в пределах  $0,820\text{--}0,860$ , то есть абсолютная плотность в системе СИ составляет соответственно  $820\text{--}860 \text{ кг/м}^3$ .

*Непредельные углеводороды* – нестойкие, легкоокисляемые соединения. Топливо, их содержащее, не подлежит длительному хранению. В бензинах количество непредельных углеводородов ГОСТ ограничивает по индукционному периоду (в данной лабораторной работе индукционный период не определяется).

*Активные сернистые соединения* (элементарная сера, сероводород, меркаптаны) корродируют металл даже при низких температурах, поэтому их присутствие в топливе не допускается по требованиям ГОСТа.

*Водорастворимые кислоты* корродируют все металлы, а щелочи – алюминий, поэтому их присутствие в топливе не допускается по требованиям ГОСТа.

*Смолистые соединения* образуют нагароотложения в двигателе и их количество ограничивает ГОСТ. При наличии смолистых соединений, не превышающих требования ГОСТа, топливо не подлежит длительному хранению. ГОСТами нормируется содержание в бензине фактических смол и на месте его производства, и на месте потребления.

*Испаряемость* бензина оценивается двумя основными показателями: фракционным составом и давлением насыщенных паров.

От фракционного состава бензина зависит запуск двигателя и время, затрачиваемое на его прогрев; перебои в работе двигателя,

вызываемые образованием паровых пробок или обледенением карбюратора; приемистость двигателя; расход топлива и масла; мощность двигателя; образование углеродистых отложений, а также, в определенной степени, износ трущихся пар.

Фракционный состав оказывает большое влияние и на полноту сгорания бензина. Давление насыщенных паров, то есть давление пара, находящегося в равновесии с жидкостью или твердым телом при данной температуре, является одним из показателей испаряемости бензинов.

По давлению насыщенных паров можно судить о наличии легкоиспаряющихся фракций в бензине, способных образовывать паровые пробки, о его пусковых свойствах, а также о возможных потерях при хранении и огнеопасности. Чем выше давление насыщенных паров, тем больше опасность образования паровых пробок при работе двигателя, но тем лучше пусковые свойства бензина.

Давление паров испаряющегося бензина на стенки емкости, называемое также упругостью паров, зависит от его химического и фракционного состава и температуры. Оно тем выше, чем больше содержится в топливе легкокипящих углеводородов, и уменьшается с понижением температуры.

При разгонке бензинов на стандартном аппарате невозможно оценить особо легкие фракции, наиболее опасные с точки зрения образования паровых пробок в топливопроводах. Поэтому давление насыщенных паров определяют в герметически закрытых приборах при температуре  $38 \text{ °С}$ .

Зная давление насыщенных паров, можно правильно рассчитать объем, который может занимать сжиженный нефтяной газ при определенных максимальных температурах внешней среды, а также правильно обеспечить подачу жидкой и газовой фаз в систему питания двигателя.

Давление насыщенных паров в данной работе не определяется и составляет для летних бензинов  $66,7 \text{ кПа}$ , а зимних –  $66,7\text{--}93,3 \text{ кПа}$ .

### Методика испытаний

По цвету автомобильного бензина можно судить о содержании растворенных смолистых соединений. Автомобильный бензин обычно светло-желтого (лимонного) или с оттенком зеленоватого цвета и его потемнение до темно-желтого цвета свидетельствует о повышенном содержании растворенных смолистых соединений.

По прозрачности топлива можно судить о наличии эмульсионной воды (мутное топливо при температурах выше 0 °С содержит эмульсионную воду) и наличии механических примесей.

Плотность определяется нефтенсиметром (рис. 3).

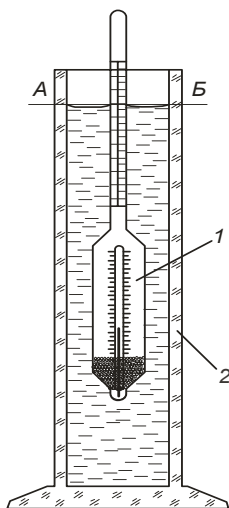


Рис. 3. Прибор для определения плотности нефтепродуктов:  
1 – нефтенсиметр; 2 – стеклянный цилиндр

Температура испытуемого нефтепродукта не должна отклоняться от температуры окружающей среды более, чем на  $\pm 5$  °С. Перед измерением нефтенсиметр должен быть чистым и сухим.

В стеклянный цилиндр наливают испытуемый нефтепродукт. Чистый и сухой нефтенсиметр опускают в нефтепродукт, держа его за верхний конец. После того как нефтенсиметр установится и прекратятся его колебания, снимают показания по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска (рис. 3, линия АБ), а нефтенсиметр не должен касаться стенок цилиндра. Одновременно с отсчетом показания по шкале нефтенсиметра устанавливают температуру нефтепродукта.

Содержание воды и механических примесей в бензине (маловязких нефтепродуктах) может быть оценено визуально на свет после взятия пробы или после отстаивания в отстойниках с градуированной ловушкой. При этом определяется объемное содержание воды и механических примесей (в %). Механические примеси в бензине можно обнаружить фильтрацией.

Качественное содержание непредельных углеводородов проверяют обесцвечиванием перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ). В пробирке смешивают 3 мл топлива и такое же количество водного раствора окислителя и дают отстояться. Если в топливе содержатся непредельные углеводороды, то фиолетово-розовая окраска водного слоя переходит в бурую или темно-желтую (может выпадать осадок  $\text{MnO}_2$ ).

Качественной пробой на присутствие активных сернистых соединений в топливе служит испытание, воздействия топлива на медную пластинку. Пластинку размером  $40 \times 10 \times 2$  из электролитной меди тщательно шлифуют, промывают спиртом и эфиром и высушивают на фильтровальной бумаге. Пластинку помещают в пробирку с испытуемым бензином, пробирку помещают в водяную баню и выдерживают 3 ч при температуре 50 °С. Затем пластинку промывают. При наличии активных сернистых соединений пластинка покрывается черным, коричневым или серым налетом; тогда считается, что бензин не выдерживает испытания на медной пластинке.

Качественное определение присутствия водорастворимых кислот и щелочей проводят по ГОСТ 6307-75. В делительной воронке 50 мл испытуемого автомобильного бензина смешивают с равным количеством дистиллированной воды. Реакцию водной вытяжки проверяют действием индикаторов (метилоранжем и фенолфталеином). При наличии кислот метилоранж окрашивает вытяжку в розовый цвет, при отсутствии кислот – в оранжевый. При наличии щелочей фенолфталеин окрашивает вытяжку в красновато-малиновый цвет, при отсутствии щелочей вытяжка приобретает белесый оттенок.

Количественное определение наличия фактических смол определяют сжиганием пробы на сферическом стекле диаметром 55–60 мм и глубиной сферы 4–5 мм. Сжигается 1 мл испытуемого бензина. Пипеткой проба наносится на сферическое стекло и поджигается. При наличии смол, после сгорания пробы на стекле остаются желто-коричневые кольца. По диаметру пятна определяют содержание смолистых соединений в бензине (табл. 6).

Таблица 6

Содержание фактических смол  
зависимости от диаметра пятна сгорания бензина

| Диаметр пятна, мм                      | 6 | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22  | 24  |
|--|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Количество фактических смол, мг/100 мл | 4 | 11 | 20 | 32 | 43 | 56 | 70 | 85 | 102 | 120 |



Испаряемость оценивается по фракционному составу. Фракционный состав определяют по ГОСТ 2177-99 (ИСО 3405-88) при помощи специального стандартного аппарата (рис. 4), входящего в состав полевой лаборатории ПЛ-2М. Сущность метода определения фракционного состава заключается в перегонке 100 мл испытуемого бензина на стандартном аппарате при условиях, предусмотренных стандартом.

Производится отбор пробы по ГОСТ 2517-85.

Если при проведении испытаний барометрическое давление отличалось от нормального, 101,325 кПа (760 мм рт. ст.), то вводят поправку на показания термометра по специальной формуле:

$$C = 0,00009 \cdot (101,325 \cdot 10^3 - p) \cdot (273 + t_0),$$

где  $p$  – барометрическое давление во время испытаний, Па;  
 $t_0$  – показания термометра, °С.

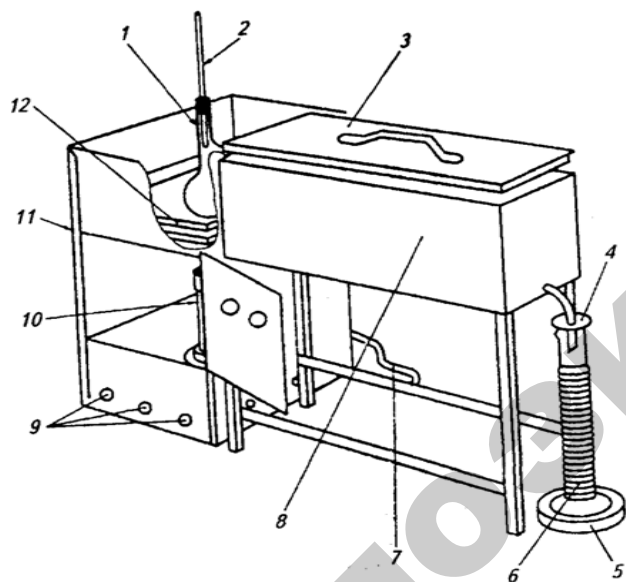


Рис. 4. Аппарат для перегонки нефтепродуктов:

- 1 – колба для перегонки; 2 – термометр; 3 – крышка бани;  
 4 – фильтровальная бумага; 5 – подставка; 6 – мерный цилиндр; 7 – газопровод;  
 8 – охлаждающая баня; 9 – вентиляционные отверстия; 10 – горелка; 11 – кожух;  
 12 – асбестовая прокладка

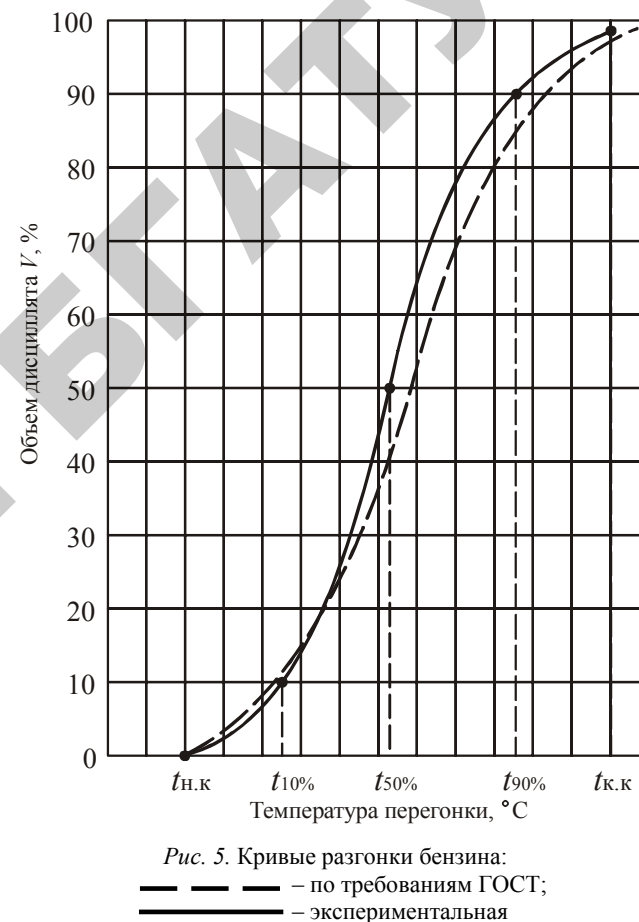


Рис. 5. Кривые разгонки бензина:  
 - - - по требованиям ГОСТ;  
 — — — экспериментальная

Поправку  $C$  прибавляют к показаниям термометра при давлении ниже нормального, 101,325 кПа, и вычитают при более высоком давлении, чем нормальное. Скорректированные таким образом температуры округляют до 0,5 °С. Обработанные (скорректированные таким образом), результаты эксперимента заносятся в отчет (табл. 7) и строятся две кривые разгонки бензина: по данным ГОСТ и полученным экспериментальным данным в координатах  $t-V$ . На кривых разгонки указываются температурные пределы основных фракций (рис. 5).

### Практическая работа:

1. Ознакомиться с маркой пробы автомобильного бензина, нормируемыми показателями качества и конструкцией и основными техническими данными используемого оборудования.

2. Подробно изучить методику определения основных показателей качества автомобильного бензина.

3. Выполнить опыты по определению показателей качества автомобильного бензина.

4. Оформить результаты опытов в виде паспорта качества (пример см. ниже) и дать заключение о пригодности автомобильного бензина к хранению и использованию по назначению.

Отчет по данной работе должен содержать:

- основные сведения о методах оценки качества автомобильного бензина;
- основные сведения об используемом оборудовании;
- результаты опытов по оценке качества пробы автомобильного бензина;
- анализ результатов и выводы.

Таблица 7

Результаты опытов по определению фракционного состава испытуемого бензина

| Объем, %        | н.к. | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | к.к. |
|-----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| Температура, °С |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |

#### Пример оформления паспорта качества дизельного топлива

##### ПАСПОРТ КАЧЕСТВА № 156

Наименование продукта: бензин автомобильный марка АИ-92

ГОСТ (ТУ) 38.001165-2003

Сертификат соответствия № ВУ.НХ20.В00011. Срок действия по 30 ноября 2009 г.

Резервуар (цистерна) № 2. Замер 4,20 м. Количество 58,0 т

Дата проведения анализа 12 апреля 2009 г.

| Наименование показателей                                      | Норма по ГОСТ (ТУ) | Фактически |
|---|--------------------|------------|
| 1. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>                     | 770                | 751        |
| 2. Детонационная стойкость:                                   |                    |            |
| – октановое число по исследовательскому методу                | 92                 | 92,5*      |
| – октановое число по моторному методу                         | 83                 | 83,5*      |
| 3. Массовая концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более | 0,013              | 0,000*     |
| 4. Фракционный состав:  |                    |            |
| – температура начала перегонки, °С, не ниже                   | 35                 | 37         |
| – 10 % перегоняется при температуре, °С, не выше              | 75                 | 64         |
| – 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше              | 130                | 111        |
| – 90 % перегоняется при температуре, °С, не выше              | 190                | 163        |
| – конец кипения, °С, не выше                                  | 215                | 205        |
| – остаток в колбе, %, не более                                | 1,5                | 1,2        |
| – остаток и потери, %, не более                               | 4,0                | 2,0        |
| 5. Давление насыщенных паров, кПа                             | 35,0–79,9          | 72,8*      |
| 6. Кислотность, мг КОН на 100 мл топлива, не более            | 3,0                | Гарантир.* |
| 7. Концентрация фактических смол в мг/100 мл                  | 5                  | 4          |
| 8. Индукционный период, мин, не менее                         | 600                | Гарантир.* |
| 9. Массовая доля серы, %, не более                            | 0,10               | 0,03*      |
| 10. Испытание на медной пластинке                             | Выдерж.            | Выдерж.    |
| 11. Содержание водорастворимых кислот и щелочей               | Отсут.             | Отсут.     |
| 12. Содержание механических примесей                          | Отсут.             | Отсут.     |
| 13. Содержание воды   | Отсут.             | Отсут.     |
| 14. Цвет  | Светло-желтый      | Соотв.     |

\* – данные введены по паспорту качества № 943 поставщика.

Начальник лаборатории (преподаватель) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Лаборант (студент) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

#### Контрольные вопросы:

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к автомобильному бензину?

2. Какие выпускаются марки бензина по ГОСТ 31077-2002 (ГОСТ 2084-77) и ТУ? Расшифруйте их условное обозначение.

3. В чем состоит основное отличие зимних бензинов от летних?
4. Что называется детонационным сгоранием бензина?
5. Что характеризует и от чего зависит ОЧ автомобильного бензина?
6. Какие методы определения ОЧ Вы знаете, и чем они отличаются?
7. В каких случаях бензин, соответствующий ГОСТ 31077-2002 (ГОСТ 2084-77), не подлежит длительному хранению, и его необходимо использовать в первую очередь?
8. Какие соединения бензина вызывают коррозию тары и деталей двигателя?
9. Что определяется испытанием пробы на медной пластинке?
10. Что определяется сжиганием пробы на сферическом стекле?
11. В чем состоят отрицательные последствия содержания воды и механических примесей в автомобильном бензине?
12. По каким двум показателям нормируется испаряемость автомобильного бензина?
13. Дайте определение понятию «фракционный состав бензина».
14. Сколько точек кривой фракционной разгонки нормирует ГОСТ 2084-77?
15. Что считается началом и концом кипения при фракционной разгонке бензина?
16. Как на работу двигателя влияют температурные пределы выкипания пусковой, рабочей и концевой (хвостовой) фракций?
17. Объясните устройство аппарата для разгонки нефтепродуктов и порядок работы с ним.

## ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ БЫСТРОХОДНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

*Цель работы:* изучить методы оценки основных показателей качества дизельного топлива для быстроходных дизелей.

*Студент должен знать:* методы оценки показателей качества дизельного топлива для быстроходных дизелей, отрицательное влияние отклонений показателей качества дизтоплива на работу двигателя;

*уметь:* определять основные показатели качества дизельного топлива лабораторным путем и делать заключение о его пригодности к использованию.

### Основные сведения

Рабочий процесс в дизельных двигателях отличается от рабочего процесса в двигателях с принудительным воспламенением: в дизелях топливо смешивается с воздухом непосредственно в камере сгорания, и при этом отсутствует принудительное зажигание рабочей смеси. Особенности смесеобразования и воспламенения и обуславливают отличие роли и значения некоторых показателей дизельного топлива от бензинов.

Важнейшим показателем дизельного топлива является цетановое число (ЦЧ), характеризующее самовоспламеняемость топлива и зависящее от его химического состава (в данной работе ЦЧ не определяется). ГОСТ 305-82 определяет оптимальный диапазон ЦЧ для дизельного топлива в пределах 45–50 единиц.

Простейшими методами можно определить следующие показатели качества дизельного топлива.

По *цвету* дизельного топлива можно судить о содержании в нем растворенных смолистых соединений, по *прозрачности*

топлива – о наличии эмульсионной воды и механических примесей. Наличие воды и механических примесей в топливе и масле ГОСТ не допускает.

По испаряемости можно отличить дизтопливо от бензина.

*Плотность дизельного топлива* обязательно определяется при сдаче-приемке с целью учета массы нефтепродуктов.

*Непредельные углеводороды* – нестойкие, легкоокисляемые соединения. Топливо не подлежит длительному хранению. В дизельном топливе количество непредельных углеводородов ГОСТ ограничивает по йодному числу (в данной лабораторной работе йодное число не определяется).

*Активные сернистые соединения* (сера, сероводород, меркаптаны) корродируют металл даже при низких температурах, поэтому их присутствие в топливе не допускается по требованиям ГОСТ.

*Смолистые соединения* образуют нагароотложения в двигателе, и их количество ограничивается ГОСТом. При наличии смолистых соединений, превышающих требования ГОСТа (табл. 8), топливо не подлежит длительному хранению.

Таблица 8

Предельные концентрации фактических смол в дизельном топливе по ГОСТ 305-82

| Марка дизтоплива                      | Летнее (Л) | Зимнее (З) | Арктическое (А) |
|---------------------------------------|------------|------------|-----------------|
| Фактические смолы, мг/100мл, не более | 40         | 30         | 30              |

*Испаряемость* дизельного топлива оценивается его фракционным составом. В дизельных двигателях смесеобразование происходит за 20–40° поворота коленчатого вала в течение всего лишь 0,001–0,004 с, то есть время смесеобразования в дизелях примерно в 10–15 раз меньше, чем в карбюраторных двигателях. При таком ограниченном времени получение однородной качественной горючей смеси возможно только при достаточно хороших распыливании и испаряемости топлива.

Применение дизельного топлива с утяжеленным фракционным составом вследствие плохой его испаряемости обуславливает несвоевременное воспламенение и плохое сгорание горючей смеси, дымный выпуск, смывание масла со стенок цилиндров и, следовательно, повышенный износ цилиндропоршневой группы, увеличение

образования отложений и ухудшение топливной экономичности двигателя.

Применение дизельного топлива со слишком облегченным фракционным составом, то есть состоящего из углеводородов, плохо самовоспламеняющихся, затрудняющих пуск и определяющих жесткую работу двигателя, также недопустимо. Поэтому дизельное топливо имеет вполне определенный фракционный состав.

В результате фракционной разгонки получают температуры выкипания 50 и 96 % дизельного топлива. Температура выкипания 50 % определяет наличие в топливе пусковых фракций, а 96 % – является температурой конца кипения и свидетельствует о наличии в нем тяжелых фракций, ухудшающих смесеобразование, повышающих дымность выпускных газов, нагарообразование и снижающих топливную экономичность двигателя.

Утяжеление или одновременное утяжеление и облегчение фракционного состава дизельных топлив рассматривается как одно из перспективных направлений увеличения их ресурсов.

Установлено, что за счет увеличения температуры конца кипения с 360 до 380 °С ресурсы дизельного топлива могут быть увеличены на 3–4 %. В связи с этим уже сейчас многие марки дизельных топлив, выпускаемых в Венгрии, Германии, Великобритании, Франции, характеризуются повышенной температурой конца кипения (380 °С и более). Расширение фракционного состава (одновременное его утяжеление и облегчение), то есть отбор дизельных топлив в интервале температур от 106 до 380 °С, позволяет увеличить их выход на 14–16 % при неизменном расходе нефти.

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

*Динамическая вязкость*, или коэффициент динамической вязкости – это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости.

Динамическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению.

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

Единицей динамической вязкости в системе СИ является Паскаль-секунда (Па·с). На практике применяют мПа·с =  $10^{-3}$  Па·с, а также сантипуаз (1 сП = 1 мПа·с).

Динамическую вязкость  $\eta$  находят как произведение кинематической вязкости жидкости  $\nu$  и ее плотности  $\rho$  при той же температуре по формуле:

$$\eta = \nu\rho.$$

*Кинематическая вязкость* – это отношение динамической вязкости  $\eta$  жидкости к плотности  $\rho$  при той же температуре:

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

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

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

В системе СИ единицей кинематической вязкости является  $\text{м}^2/\text{с}$ . На практике применяется меньшая единица:

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

а также сантистокс (1 сСт =  $1 \text{ мм}^2/\text{с}$ ).

*Температура вспышки* – это минимальная температура, при которой пары топлива, нагреваемые в закрытом тигле, образуют с окружающим воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени.

Температура вспышки характеризует огнеопасность нефтепродукта при его транспортировании, хранении и заправке. Температура вспышки в закрытом тигле должна быть для дизельного топлива летнего не ниже  $40^\circ\text{C}$ , зимнего – не ниже  $35^\circ\text{C}$  и арктического – не ниже  $30^\circ\text{C}$ . Чем выше температура вспышки, тем меньше пожарная опасность топлива.

Определение температуры вспышки используют для оценки качества нефтепродуктов и для классификации производства, помещений и установок по степени пожарной опасности.

Сущность метода заключается в определении самой низкой температуры топлива, при которой в условиях испытания над его поверхностью образуется смесь паров с воздухом, которая вспыхивает при поднесении пламени, но не способна к дальнейшему горению.

По цвету дизельного топлива можно судить о содержании растворенных смолистых соединений. Дизельное топливо обычно темно-желтого или светло-коричневого цвета и его потемнение до более темных оттенков свидетельствует о повышенном содержании растворенных смолистых соединений. По прозрачности топлива можно судить о наличии эмульсионной воды (мутное топливо при температурах выше  $0^\circ\text{C}$  содержит эмульсионную воду) и наличии механических примесей.

Плотность определяется нефтенденсиметром (см. рис. 3). Температура испытуемого нефтепродукта не должна отклоняться от температуры окружающей среды более чем на  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Перед измерением нефтенденсиметр должен быть чистым и сухим.

Содержание воды и механических примесей в топливе (маловязких нефтепродуктах) может быть оценено визуально на свет после взятия пробы или после отстаивания в отстойниках с градуированной ловушкой. При этом определяется объемное содержание воды и механических примесей (в %). Механические примеси в топливе можно обнаружить фильтрацией.

Качественное содержание непредельных углеводородов проверяют обесцвечиванием перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ). В пробирке смешивают 3 мл топлива и такое же количество водного раствора окислителя и дают отстояться. Если в топливе содержатся непредельные углеводороды, то фиолетово-розовая окраска водного слоя переходит в бурую или темно-желтую (может выпадать осадок  $\text{MnO}_4$ ).

Качественной пробой на присутствие активных сернистых соединений в топливе служит испытание, воздействия топлива на медную пластинку. Пластинку размером  $40 \times 10 \times 2$  из электролитной меди тщательно шлифуют, промывают спиртом и эфиром и высушивают на фильтровальной бумаге. Пластинку помещают в пробирку с испытуемым топливом, пробирку помещают в водяную баню и выдерживают 3 ч при температуре  $50^\circ\text{C}$ . Затем пластинку промывают. При наличии активных сернистых соединений пластинка покрывается черным, коричневым или серым налетом, тогда считается, что дизельное топливо не выдержало испытания на медной пластинке.

Качественное определение присутствия водорастворимых кислот и щелочей проводят по ГОСТ 6307-75. В делительной воронке 50 мл испытуемого дизельного топлива смешивают с равным

количеством дистиллированной воды. Реакцию водной вытяжки проверяют действием индикаторов (метилоранжем и фенолфталеином). При наличии кислот метилоранж окрашивает вытяжку в розовый цвет, при отсутствии кислот – в оранжевый. При наличии щелочей фенолфталеин окрашивает вытяжку в красновато-малиновый цвет, при отсутствии щелочей вытяжка приобретает белесый оттенок.

Количественное определение наличия фактических смол определяют сжиганием пробы на сферическом стекле диаметром 55–60 мм и глубиной сферы 4–5 мм. 1 мл дизельного топлива смешивается с 1 мл перегнанного бензина, не содержащего смол. Пипеткой проба наносится на сферическое стекло и поджигается. При наличии смол, после сгорания пробы на стекле остаются желто-коричневые кольца. По диаметру пятна определяют содержание смолистых соединений в топливе (табл. 9).

Таблица 9

Содержание фактических смол  
в зависимости от диаметра пятна сгорания дизельного топлива

| Диаметр пятна, мм                      | 6 | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22  | 24  |
|--|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Количество фактических смол, мг/100 мл | 4 | 11 | 20 | 32 | 43 | 56 | 70 | 85 | 102 | 120 |

Сущность определения кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема нефтепродукта через капилляр вискозиметра под действием собственной силы тяжести.

Для определения кинематической вязкости используются вискозиметры ВПЖ-1, ВПЖТ-2, ВПЖ-4, ВПЖМ, а также вискозиметры Пинкевича.

Вискозиметры ВПЖТ-2 и Пинкевича (рис. 6) представляют собой стеклянную U-образную трубку, в одно колено которой впаивают капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка  $M_1$ , а внизу нижнего расширения – метка  $M_2$ .

В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который, при заполнении вискозиметра нефтепродуктом, надевается резиновая трубка. В нижней части оба колена соединяются с помощью

расширения, служащего резервуаром для стока испытуемого нефтепродукта.

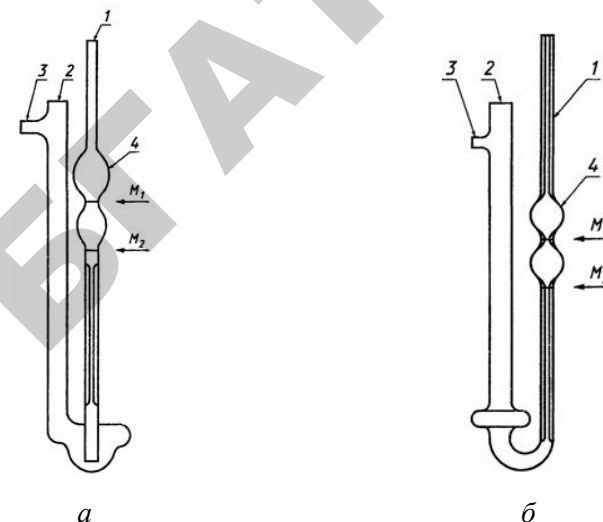


Рис. 6. Вискозиметры:

а – вискозиметр ВПЖТ-2; б – вискозиметр Пинкевича;  
1, 2 – трубки; 3 – отводная трубка (для груши); 4 – расширение

Вискозиметры выпускаются с капиллярами различного диаметра. В набор вискозиметров ВПЖ-2 и ВПЖ-4 входят вискозиметры с диаметром капилляров от 0,34 до 5,1 мм. Набор вискозиметров Пинкевича состоит из вискозиметров с диаметром капилляров от 0,4 до 4 мм.

На расширениях вискозиметра указывают тип стекла, дата изготовления, номер вискозиметра и диаметр капилляра. Каждый вискозиметр снабжен выпускным аттестатом, в котором указана постоянная вискозиметра.

Для поддержания заданной температуры продукта при определении вязкости применяют термостат или термостатирующие устройства. В зависимости от температуры, при которой определяется кинематическая вязкость, термостат заполняют одной из следующих жидкостей: при температуре от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – спиртом этиловым или изоктаном; от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  – дистиллированной водой; выше  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  – глицерином или глицерином, разбавленным дистиллированной водой в соотношении 1:1, или светлым нефтяным

маслом, или 25%-ным водным раствором азотнокислого аммония. Для нагрева жидкостей используют нагревательные приборы, применяют лед, твердую углекислоту (сухой лед) или жидкий азот.

Порядок отбора пробы испытуемого продукта вискозиметрами ВПЖ-2 и Пинкевича одинаков (рис. 7).

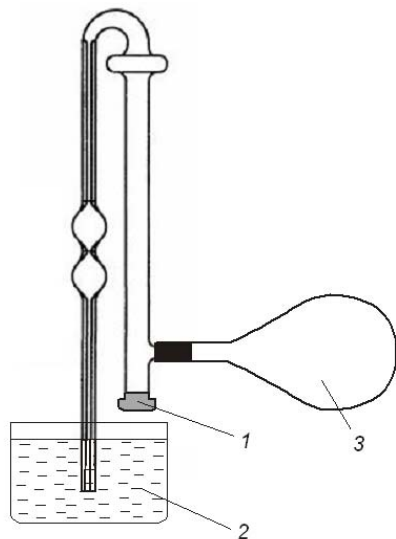


Рис. 7. Прибор для отбора пробы:

1 – пробка; 2 – емкость с испытуемым нефтепродуктом; 3 – груша

Для этого испытуемый продукт наливают в стеклянный стаканчик или фарфоровый тигель 2 и опускают в него конец колена вискозиметра с капилляром. Отверстие другого колена вискозиметра закрывают пробкой 1 или пальцем и через резиновую трубку, надетую на отводную стеклянную трубку, резиновой грушей 3 засасывают испытуемый продукт в вискозиметр до метки  $M_2$ . Во время засасывания продукта следят за тем, чтобы не образовывалось пузырьков воздуха, разрывов и пленок.

После заполнения обоих расширений вискозиметра его вынимают из стаканчика или тигля с нефтепродуктом и быстро переворачивают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена избыток испытуемого нефтепродукта и надевают на него резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают так, чтобы его верхнее расширение было ниже уровня жидкости в термостате.

Правильность установки вискозиметра проверяют отвесом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. После выдержки вискозиметра в термостате не менее 15 мин при заданной температуре ( $\pm 0,1$  °C) засасывают нефтепродукт в колено примерно до  $\frac{1}{3}$  верхнего расширения. Термостатирующую жидкость во время определения перемешивают.

С помощью секундомера определяют время истечения испытуемого нефтепродукта от метки  $M_1$  до метки  $M_2$ , производя отсчеты при совмещении мениска нефтепродукта с указанными метками. Определение времени истечения повторяют не менее четырех раз.

По полученным результатам находят среднее арифметическое и сравнивают с ним все отсчеты. Во внимание принимаются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более чем на  $\pm 0,5$  %.

При расхождении результатов отсчетов на большее значение измерения повторяют. Кинематическую вязкость  $\nu$  испытуемого нефтепродукта в сСт вычисляют по формуле:

$$\nu = C \tau ,$$

где  $C$  – постоянная вискозиметра, сСт/с (дается в паспорте вискозиметра);

$\tau$  – среднее арифметическое времени истечения нефтепродукта в вискозиметре, с.

Кинематическую вязкость нефтепродукта вычисляют с точностью до четвертой значащей цифры, например: 1,255; 16,48; 190,2; 1735.

Для определения температуры вспышки дизельного топлива нефтепродукт наливают в тигель до метки, закрывают крышкой, вставляют термометр и помещают тигель в нагревательную баню. При анализе нефтепродуктов с температурой вспышки до 50 °C нагревательная баня должна быть предварительно охлаждена до комнатной температуры (20 °C  $\pm$  5 °C).

Прибор помещают в таком месте, где нет заметного движения воздуха и где свет настолько затемнен, что вспышка хорошо видна. Для лучшей защиты от движения воздуха и влияния света прибор окружают щитом из листовой кровельной стали, окрашенным с внутренней стороны черной краской. Перед определением записывают барометрическое давление.

Аппарат для определения температуры вспышки нефтепродуктов в закрытом тигле показан на рис. 8.

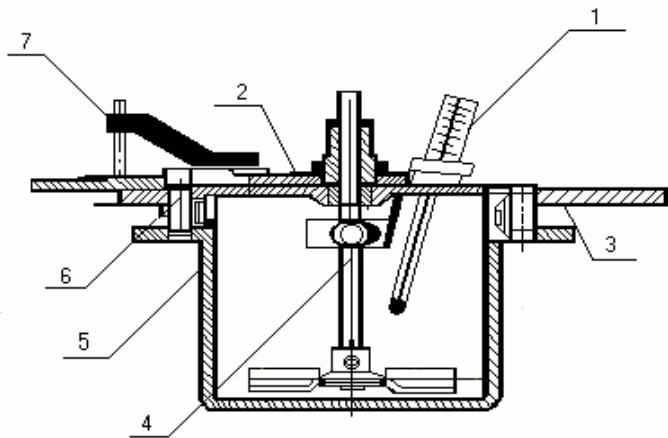


Рис. 8. Аппарат для определения температуры вспышки (закрытый тигель):  
1 – термометр; 2 – заслонка; 3 – крышка – переходная муфта термометра;  
4 – мешалка; 5 – тигель; 6 – штифт крышки; 7 – пружинный механизм

Тигель 5, крышка 3, заслонка 2 и мешалка 4 аппарата изготовлены из латуни. На крышке расположены пружинный механизм 7 перемещения заслонки и термометр 4. В комплект аппарата входит воздушная баня. Тигель из гнезда бани вынимают с помощью ухвата. На внутренней стороне тигля выполнен круговой уступ, указывающий уровень испытуемого дизельного топлива. Три отверстия трапециевидальной формы в крышке закрывают заслонкой 2. При вращении заслонки рукояткой отверстие открывается, к нему подносится лучина. В первоначальное положение заслонка возвращается под действием принудительного механизма, расположенного в рукоятке перемещения заслонки. Дизельное топливо перемешивается мешалкой с лопастями, приводимой во вращение механическим приводом от руки испытателя; частота вращения мешалки – 90–120 мин<sup>-1</sup>. Аппарат снабжен регулятором скорости нагревания.

Для контроля температуры вспышки дизельного топлива используют стеклянный термометр типа ТН-1 № 1 со шкалой от 0 °С до +170 °С.

Нефтепродукт в собранном приборе нагревают следующим образом: температуру повышают со скоростью 5–8 °С в мин при периодическом перемешивании.

Когда топливо нагревается до температуры, на 20 °С ниже предполагаемой температуры вспышки, нагрев ведут так, чтобы температура повышалась на 1 °С в мин.

При температуре на 10 °С ниже ожидаемой температуры вспышки начинают проводить испытание на вспышку через 2 °С. При этом нефтепродукт непрерывно перемешивают вращением мешалки. Только в момент испытания на вспышку перемешивание прекращают. Поворотом пружинного рычага открывают окно крышки тигля и подносят зажженную лучину к отверстию. Окно крышки отрывают на 1 с. Если вспышка не произошла, то продукт вновь перемешивают, повторяя операцию через 1–2 °С.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над поверхностью нефтепродукта. Расхождение между параллельными определениями температуры вспышки в закрытом тигле не должны превышать ±2 °С.

При давлении атмосферного воздуха в условиях испытаний выше или ниже 101,325 кПа (760 мм рт. ст.) вводят поправку на стандартное давление. Ее определяют по формуле:

$$\Delta t = \frac{101,325 - p}{3,3 \cdot 0,9},$$

или

$$\Delta t = 0,0362 \cdot (760 - p_1),$$

где  $p$  и  $p_1$  – фактическое барометрическое давление, соответственно в кПа и мм рт. ст.

По окончании вычислений делается вывод о пригодности к хранению и транспортировке данного образца топлива.

### Практическая работа:

1. Ознакомиться с маркой пробы дизельного топлива, конструкцией и основными техническими данными используемого оборудования.
2. Подробно изучить методику определения основных показателей качества дизельного топлива.
3. Выполнить опыты по определению показателей качества дизельного топлива.
4. Оформить результаты опытов в виде паспорта качества (пример см. ниже) и дать заключение о пригодности дизельного топлива к хранению и использованию по назначению.

Отчет по данной работе должен содержать:

- основные сведения о методах оценки качества дизельного топлива;
- основные сведения об используемом оборудовании;
- результаты опытов по оценке качества пробы дизельного топлива;
- анализ результатов и выводы.



Пример оформления паспорта качества дизельного топлива

ПАСПОРТ КАЧЕСТВА № 157

Наименование продукта: топливо дизельное марка Л-0,2-62

ГОСТ (ТУ) 305-82

Сертификат соответствия № ВУ.АЮ18.В12425. Срок действия по 30 ноября 2009 г.

Резервуар (цистерна) № 3 Замер 3,55 м Количество 54,2 т

Дата проведения анализа 12 апреля 2009 г.

| Наименование показателей   | Норма по ГОСТ (ТУ) | Фактически |
|--|--------------------|------------|
| 1. Цетановое число, не менее   | 45                 | 46*        |
| 2. Фракционный состав:<br>– 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше | 280                | 265        |
| – 96 % перегоняется при температуре, °С, не выше                           | 360                | 350        |
| 3. Вязкость кинематическая при 20 °С, сСт                                  | 3,0...6,0          | 4,460      |
| 4. Температура застывания, °С, не выше                                     | –10                | –17*       |
| 5. Температура помутнения, °С, не выше                                     | –5                 | –7*        |
| 6. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже         | 62                 | 70         |
| 7. Общее содержание серы, в %, не более                                    | 0,2                | 0,13*      |
| 8. Содержание меркаптановой серы, в %, не более                            | 0,01               | 0,0002*    |
| 9. Содержание сероводорода   | Отсут.             | Отсут.*    |
| 10. Испытание на медной пластинке  | Выдерж.            | Выдерж.    |
| 11. Содержание водорастворимых кислот и щелочей                            | Отсут.             | Отсут.     |
| 12. Содержание механических примесей                                       | Отсут.             | Отсут.     |
| 13. Содержание воды  | Отсут.             | Отсут.     |
| 14. Содержание фактических смол, в мг/100 мл                               | 25                 | 4,0        |
| 15. Кислотность, мг КОН на 100 мл топлива, не более                        | 5,0                | 0,50*      |
| 16. Йодное число, г йода на 100 мл топлива, не более                       | 5,0                | 1,26*      |
| 17. Зольность, в %, не более   | 0,008              | 0,003*     |
| 18. Коксуемость 10%-ного остатка, в %, не более                            | 0,20               | 0,02*      |
| 19. Коэффициент фильтруемости, не более                                    | 2                  | 1,07*      |
| 20. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>                                 | Не нормир.         | 842        |

\* – данные введены по паспорту качества № 944 поставщика.

Начальник лаборатории (преподаватель) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Лаборант (студент) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Контрольные вопросы:

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к топливу для быстроходных дизелей?
2. Назовите марки и расшифруйте условное обозначение дизельного топлива по ГОСТ 305-82.
3. В чем отличие зимних дизельных топлив от летних, и почему недопустимо их использование летом?
4. Что характеризует и от чего зависит цетановое число дизельного топлива?
5. Оптимальное значение ЦЧ для дизельного топлива?
6. В каких случаях дизельное топливо, соответствующее ГОСТ 306-82, не подлежит длительному хранению, и его необходимо использовать в первую очередь?
7. Какие соединения дизельного топлива вызывают коррозию тары и топливной аппаратуры дизелей?
8. Что определяется испытанием на медной пластинке?
9. Что определяется сжиганием пробы на сферическом стекле?
10. Почему перед заправкой двигателя нужны тщательный отстой и фильтрация дизельного топлива?
11. В чем состоят отрицательные последствия содержания воды и механических примесей в дизельном топливе?
12. Назовите оптимальные значения кинематической вязкости при 20 °С для дизельного топлива при температуре окружающего воздуха в условиях эксплуатации – 15 °С.
13. Опишите порядок проведения опытов по определению кинематической вязкости дизельного топлива.
14. Какими показателями оценивается фракционный состав дизельного топлива?
15. На какие эксплуатационные свойства влияет температура вспышки дизельного топлива?
16. Опишите порядок определения температуры вспышки дизельного топлива.

## ОЦЕНКА ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА

*Цель работы:* изучить методы оценки качества моторного масла по его вязкостно-температурным характеристикам, в результате лабораторного исследования оценить качество масла по индексу вязкости (ИВ).

*Студент должен знать:* требования к вязкостно-температурным характеристикам моторных масел, классификацию моторных масел для быстроходных ДВС, лабораторные методы определения ИВ масла, отрицательное воздействие отклонений от нормированного ИВ на эксплуатацию техники;

*уметь:* производить лабораторную оценку качества моторного масла по ИВ.

### Основные сведения

Вязкость служит основным параметром моторных масел. Маркировка масла, в частности, содержит информацию о его вязкости. От вязкости масла при рабочих температурах в двигателе зависят: качество смазывания трущихся деталей и их износ; потери на трение, то есть КПД двигателя; уплотнение узлов трения.

Вязкость масла изменяется в обратной зависимости от температуры, при этом интенсивность изменения вязкости от температуры у различных моторных масел неодинакова и зависит от их химического (углеводородного), состава. Характер зависимости вязкостно-температурной кривой (рис. 9) оценивается *индексом вязкости (ИВ)*.

Индекс вязкости характеризует пологость вязкостно-температурной кривой.

ИВ масел оценивают в условных единицах. По ГОСТ 25371-97, ИВ определяют способом сравнения кривой испытуемого масла

с аналогичными кривыми двух серий эталонных масел. Масла первой серии обладают пологой вязкостно-температурной кривой, их ИВ принят за 100 единиц; масла второй серии обладают крутой вязкостно-температурной кривой, их ИВ принят за 0 единиц. При сравнении по указанному методу эталонные масла первой и второй серии выбираются с вязкостями при 100 °С, равными вязкости испытуемого масла при 100 °С.

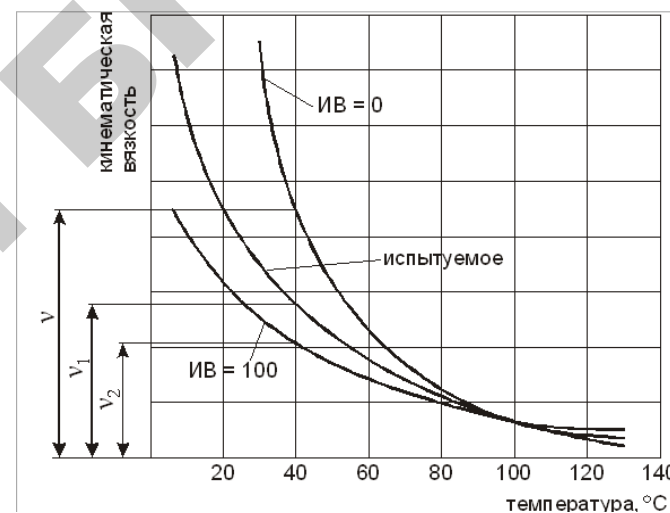


Рис. 9. Вязкостно-температурные кривые испытуемого и эталонных масел

С точностью, достаточной для практических целей, ИВ можно найти по специальной номограмме (от греческого «*номос*» – закон, «*грамма*» – изображение).

Вязкость моторных масел с высоким ИВ при изменении температуры изменяется незначительно, вязкость масел с низким ИВ – значительно. Моторные масла с более высоким значением ИВ обладают лучшими технико-эксплуатационными свойствами. По ГОСТ 17479.1-86, ИВ незагущенных моторных масел должен быть не менее 90 единиц, загущенных (всесезонных) – не менее 115 единиц. У лучших образцов масел значения ИВ составляют около 150 единиц.

Для повышения ИВ в моторные масла добавляют вязкостные присадки, представляющие собой высокомолекулярные соединения;

процесс обычно называют «загущением», а масла с вязкостными присадками – загущенными. Загущенные масла являются всесезонными. Механизм действия присадки следующий: сравнительно небольшое количество полимера мало меняет вязкость масла при низкой температуре, так как молекулы присадки свернуты в тугие спирали небольшого объема. При рабочей температуре спирали расправляются, занимая больший объем, увеличивается сопротивление течению, вязкость повышается. Таким образом, правильно подобранная присадка позволяет применить базовое масло с пониженной вязкостью при низких температурах запуска двигателя, несколько повышая вязкость при нормальных рабочих температурах масла и обеспечивая тем самым надежное смазывание узлов трения.

Загущенные масла обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами и текучестью при низких температурах окружающей среды, способствуют легкому, быстрому и надежному запуску двигателя в холодное время года, образуют небольшое количество нагара и обеспечивают минимальные потери мощности на трение, что улучшает топливную экономичность двигателя.

Особенно следует выделить то, что применение загущенных масел позволяет обеспечивать так называемый *холодный пуск* дизеля (пуск без предварительного разогрева масляной ванны двигателя) при низких температурах окружающей среды. Холодный пуск дизелей значительно повышает эффективность использования автотракторной техники за счет снижения простоев из-за трудоемкости пусковых операций, снижает энергозатраты на запуск дизеля, повышает культуру обслуживания техники. Разработка загущенных масел с высокими эксплуатационными свойствами является одним из основных направлений улучшения пусковых качеств ДВС, особенно дизелей.

### Методика испытаний

Вязкость масла определяется при помощи двух основных типов вискозиметров:

– вискозиметры истечения, в которых измеряется кинематическая вязкость по скорости свободного течения (времени вытекания). Для этой цели применяются капиллярные вискозиметры (см. рис. 6) или сосуды с калиброванным отверстием на дне – вискозиметры Энглера (рис. 10), Сейболта, Редвуда, ВЗ-4 (ГОСТ 26378.3-84). В настоящее время для стандартных определений

применяется стеклянный капиллярный вискозиметр. Он отличается простотой и точностью определения, скорость сдвига в таком вискозиметре незначительна;

– ротационные вискозиметры, в которых определяется динамическая вязкость по крутящему моменту с установленной скоростью ротора или по скорости вращения ротора при заданном крутящем моменте.

При определении ИВ по ГОСТ 25371-97 определяется кинематическая вязкость пробы моторного масла при температурах 40 °С и 100 °С.

Для определения вязкости моторного масла до температур 50–60 °С желательно использовать вискозиметр Энглера. На рис. 10 дана схема такого вискозиметра марки ОВ-108 (ВНР).

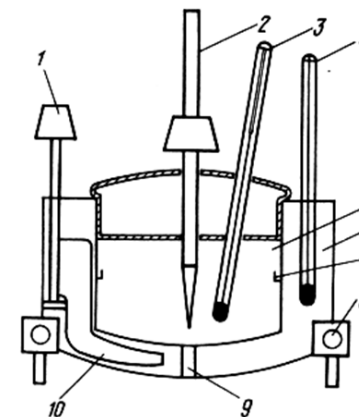


Рис. 10. Вискозиметр Энглера

Резервуар 5 заполняется испытуемым маслом до указателя уровня 7 (более 200 см<sup>3</sup>). После удаления палочки 2 жидкость вытекает через трубку 9, под которой расположена мерная пробирка. При этом определяется время вытекания ( $\tau_m$  в с) масла в объеме точно 200 см<sup>3</sup>. Температура термостатирующей жидкости в сосуде 6 поддерживается нагревателем 5, встроенным в дно водяной бани, и регулируется тиристорным регулятором. Для выравнивания температуры имеется мешалка 10 с ручкой 1. Температура измеряется термометрами 3 и 4. Сточная трубка имеет длину 20 мм, верхний диаметр – 2,9 мм и нижний – 2,8 мм. Мощность нагревателя 400 Вт.

Кинематическая вязкость определяется как произведение  $\tau_m$  на постоянную вискозиметра  $C = 50$ .

Для определения вязкости моторного масла при температуре 100 °С удобно использовать стеклянные капиллярные вискозиметры. Порядок определения кинематической вязкости стеклянным капиллярным вискозиметром такой же, как и для дизельного топлива (лабораторная работа № 4).

ИВ вычисляется по формулам:

$$\text{ИВ} = \frac{\nu - \nu_1}{\nu - \nu_2} \cdot 100,$$

если  $\nu_3 = \nu - \nu_2$ , тогда

$$\text{ИВ} = \frac{\nu - \nu_1}{\nu_3} \cdot 100,$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость эталонного масла при 40 °С с ИВ, равным 0, обладающего при 100 °С такой же кинематической вязкостью, что и испытуемое масло, мм<sup>2</sup>/с (сСт);

$\nu_1$  – кинематическая вязкость испытуемого масла при 40 °С, мм<sup>2</sup>/с (сСт);

$\nu_2$  – кинематическая вязкость эталонного масла при 40 °С с ИВ, равным 100, обладающего при 100 °С такой же кинематической вязкостью, что и испытуемое масло, мм<sup>2</sup>/с (сСт).

Значения  $\nu$  и  $\nu_2$  или  $\nu_3$  берутся из табл. 10 с ориентацией на значение кинематической вязкости испытуемого масла при 100 °С.

При расчете полученное значение ИВ округляют до целого числа.

Таблица 10

Значения кинематических вязкостей масел при 100 °С, мм<sup>2</sup>/с (сСт)

| Кинематическая вязкость | $\nu$ | $\nu_3$ | $\nu_2$ | Кинематическая вязкость | $\nu$ | $\nu_3$ | $\nu_2$ |
|-------------------------|-------|---------|---------|-------------------------|-------|---------|---------|
| 6,00                    | 59,97 | 21,78   | 38,19   | 11,2                    | 179,4 | 81,69   | 97,71   |
| 6,20                    | 61,52 | 21,37   | 40,15   | 11,4                    | 184,9 | 84,7    | 100,2   |
| 6,40                    | 65,18 | 23,04   | 42,14   | 11,6                    | 190,4 | 87,6    | 102,8   |
| 6,60                    | 69,16 | 24,92   | 44,24   | 11,8                    | 196,2 | 90,8    | 105,4   |

| Кинематическая вязкость | $\nu$ | $\nu_3$ | $\nu_2$ | Кинематическая вязкость | $\nu$ | $\nu_3$ | $\nu_2$ |
|-------------------------|-------|---------|---------|-------------------------|-------|---------|---------|
| 6,80                    | 73,48 | 27,04   | 46,44   | 12,0                    | 201,9 | 93,9    | 108,0   |
| 7,00                    | 78,00 | 29,43   | 48,57   | 12,2                    | 207,8 | 97,1    | 110,7   |
| 7,20                    | 82,39 | 31,70   | 50,69   | 12,4                    | 213,6 | 100,3   | 113,3   |
| 7,40                    | 96,66 | 43,78   | 52,88   | 12,6                    | 219,6 | 103,6   | 116,0   |
| 7,60                    | 91,04 | 35,95   | 55,09   | 12,8                    | 225,7 | 107,0   | 118,7   |
| 7,80                    | 95,43 | 38,12   | 57,31   | 13,0                    | 231,9 | 110,4   | 121,5   |
| 8,00                    | 100,0 | 40,40   | 59,60   | 13,2                    | 238,1 | 113,9   | 124,2   |
| 8,20                    | 104,6 | 42,71   | 61,89   | 13,4                    | 244,3 | 117,3   | 127,0   |
| 8,40                    | 109,2 | 45,02   | 64,18   | 13,6                    | 250,6 | 120,8   | 129,8   |
| 8,60                    | 113,9 | 47,42   | 66,48   | 13,8                    | 257,0 | 124,4   | 132,6   |
| 8,80                    | 118,5 | 49,71   | 68,79   | 14,0                    | 263,3 | 127,9   | 135,4   |
| 9,00                    | 123,3 | 52,20   | 71,10   | 14,2                    | 269,8 | 131,6   | 138,2   |
| 9,20                    | 128,0 | 54,58   | 73,42   | 14,4                    | 276,3 | 135,3   | 141,0   |
| 9,40                    | 132,8 | 57,37   | 75,43   | 14,6                    | 283,0 | 139,1   | 143,9   |
| 9,60                    | 137,7 | 59,62   | 78,08   | 14,8                    | 289,7 | 142,9   | 146,8   |
| 9,80                    | 142,7 | 62,24   | 80,46   | 15,0                    | 296,5 | 146,8   | 149,7   |
| 10,0                    | 147,7 | 64,83   | 82,87   | 15,2                    | 303,4 | 150,8   | 152,6   |
| 10,2                    | 152,9 | 67,6    | 85,30   | 15,4                    | 310,3 | 154,7   | 155,6   |
| 10,4                    | 158,0 | 70,28   | 87,72   | 15,6                    | 317,5 | 158,9   | 158,6   |
| 10,6                    | 163,2 | 73,01   | 90,19   | 15,8                    | 324,6 | 163,0   | 161,6   |
| 10,8                    | 168,5 | 75,85   | 92,65   | 16,0                    | 331,9 | 167,3   | 164,6   |
| 11,0                    | 173,9 | 78,71   | 95,19   |                         |       |         |         |

ИВ может быть определен по специальной номограмме (рис. 11) с точностью, достаточной для практических целей. Для этого определяются кинематические вязкости испытуемого масла при 50 °С и 100 °С, из этих значений на осях координат номограммы восстанавливаются перпендикуляры, и в точке их пересечения методом линейной интерполяции находят наклонную прямую из семейства данных наклонных прямых, относящуюся к определенному ИВ. При определении ИВ по ГОСТ 25371-97 определяется кинематическая вязкость пробы моторного масла при температурах 40 °С и 100 °С.

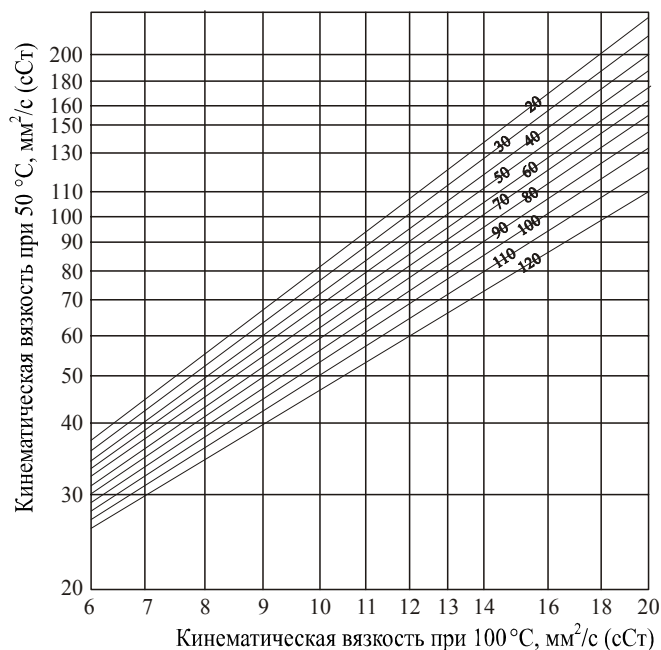


Рис. 11. Номограмма для определения индекса вязкости моторного масла

### Практическая работа:

1. Ознакомиться с маркой пробы моторного масла, конструкцией и основными техническими данными используемого оборудования.
2. Подробно изучить методику определения кинематической вязкости моторного масла при различных температурах и индекса вязкости.
3. Выполнить опыты по определению кинематической вязкости и индекса вязкости пробы моторного масла.
4. Оформить результаты опытов (по форме табл. 11) и дать заключение о вязкостно-температурных свойствах испытуемого моторного масла.

Отчет по данной работе должен содержать:

- основные сведения о методах оценки вязкостно-температурных свойств моторного масла;
- основные сведения об используемом оборудовании;

- результаты опытов по определению индекса вязкости моторного масла и необходимые расчеты;
- анализ результатов и выводы.

Таблица 11

Результаты испытаний по определению кинематической вязкости для расчета индекса вязкости моторного масла

| Температура испытания, °C | Тип вискозиметра | Постоянная вискозиметра, мм <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> | Время истечения, с | Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с |
|---------------------------|------------------|--|--------------------|---|
| 40                        |                  |  |                    |   |
| 50                        |                  |  |                    |   |
| 100                       |                  |  |                    |   |

### Контрольные вопросы:

1. Как изменяется вязкость масел при изменении температуры?
2. Как влияют вязкостно-температурные характеристики моторных масел на работу ДВС?
3. Что такое индекс вязкости?
4. Назовите требования ГОСТ к ИВ моторных масел для быстроходных двигателей.
5. Какие методы определения ИВ Вы знаете, в чем состоит их сущность?
6. Какие моторные масла являются загущенными, и каковы их основные эксплуатационные свойства?
7. В чем состоит механизм действия вязкостных присадок в загущенных маслах?
8. Расшифруйте условное обозначение моторных масел по ГОСТ 17479.1-86.

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА

*Цель работы:* изучить методы оценки показателей состояния отработанного масла, методы организации его сбора и регенерации.

*Студент должен знать:* основные требования к показателям состояния отработанного масла, лабораторные методы оценки показателей состояния отработанного масла;

*уметь:* осуществить отбор пробы отработанного масла, произвести лабораторную оценку основных показателей состояния отработанного масла.

### Основные сведения

Срок службы (мото-часы или км пробега) смазочных масел в сельскохозяйственной технике, автотракторных двигателях, трансмиссиях, вспомогательных механизмах машин устанавливается в соответствии с инструкциями заводов и правилами эксплуатации техники. После указанных в этих документах сроках масла сливают из картеров двигателей и заменяют свежими.

За период работы в машине, двигателе или механизме, в результате обогащения продуктами термического разложения, окисления, полимеризации, разжижения топливом (в первую очередь, в бензиновом двигателе), загрязнения продуктами износа и механическими примесями извне, а также обводнения, первоначальные свойства масел значительно меняются. В частности, накопившаяся вода в системе смазки ДВС способствует образованию в масле водных эмульсий, кислот и приводит к отложению в картере и на деталях двигателя рыхлых и клейких осадков, которые забивают сетки маслоприемника, масляные трубки и каналы. Присутствие воды в масле вызывает неисправности в работе клапанов смазочной системы и другие неполадки.

Кроме того, вода реагирует с поверхностно-активными веществами смазочных и гидравлических масел, вызывает их гидролиз, разложение и выпадение в осадок. При этом происходят глубокие и необратимые изменения качества масла, особенно моторного, содержащего большое количество присадок.

Отработанное масло – это масло, проработавшее в машине, двигателе или механизме свой эксплуатационный срок и утратившее свои первоначальные качества.

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

На основании результатов обобщения стендовых и эксплуатационных испытаний различных двигателей автотракторной техники установлены следующие показатели предельного состояния качества моторных масел (табл. 12). Указанные показатели являются браковочными: при достижении хотя бы одного из них масло становится непригодным к дальнейшей эксплуатации и требует замены.

Таблица 12

Браковочные показатели отработанных масел

| Показатель   | Значение показателей масла для двигателей |           |
|--|---|-----------|
|  | бензиновых                                | дизельных |
| Изменение вязкости, %:                                     |   |           |
|  | повышение                                 | 25        |
| снижение   | 20  | 30        |
| Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более | 1,0                                       | 3,0       |
| Содержание воды, %, не более                               | 0,3                                       | 0,3       |
| Содержание топлива, %, не более                            | 0,8                                       | 0,8       |
| Щелочное число, мг КОН/г, не менее                         | 0,5–2,0*                                  | 1–3*      |
| Снижение температуры вспышки, °С, не более                 | 20  | 20        |

\* Большие значения для масел высших групп.

Сбор и регенерация отработанных масел – мероприятие экономически выгодное и способствующее уменьшению загрязнения окружающей среды. Поэтому все потребители обязаны собирать отработанные масла в соответствии со специальными нормативными документами.

Все используемые в сельском хозяйстве нефтепродукты (смазочные масла, промывочные жидкости и др.) необходимо сдавать нефтеснабжающим организациям. Нефтепродукты, сливаемые при техническом обслуживании или ремонте автотракторной техники, станочного парка, электрооборудования, собирают в специальные емкости (или бочки), которые нельзя использовать для заправки машин и хранения свежих смазочных материалов.

Отработанные масла подразделяют на следующие три группы:

ММО – масла моторные отработанные, в том числе используемые в трансмиссиях, их смеси с индустриальными.

МИО – масла индустриальные отработанные, в том числе, выделенные из эмульсий, смеси индустриальных, энергетических, приборных и других масел.

СНО – смесь нефтепродуктов отработанных: керосина, дизельного топлива, уайт-спирита, трансмиссионных и других масел, не соответствующих группам ММО и МИО, остатков при зачистке резервуаров или слива отстоя.

Смеси группы СНО в настоящее время не подлежат регенерации, их сжигают как котельное топливо.

Смеси индустриальных масел МИО проходят на регенерационных станциях отстой для отделения крупных механических примесей, очистку отбеливающими землями от продуктов окисления, окончательную обработку на фильтропрессах.

Более сложен процесс регенерации отработанных моторных масел. Здесь дополнительно необходим отгон горючего, кроме того, после обработки на фильтропрессах в масла вводят необходимые композиции присадок. Как правило, после регенерации не удается получить моторные масла, отвечающие требованиям эксплуатации современных форсированных двигателей. Использовать их можно в карбюраторных двигателях автомобилей старых марок и как трансмиссионные.

Значительно лучше качество моторных масел, регенерированных по заводской технологии. Для этого отработанные нефтепродукты доставляют на нефтеперерабатывающие предприятия.

## Методика испытаний

Собранные отработанные масла подвергаются проверке их основных показателей.

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

Если пробы отработанных масел или их смесей содержат более 0,5 % воды, то перед определением условной вязкости и температуры вспышки их обезвоживают с помощью серноокислой меди или медного купороса и для испытания берут только верхний слой обезвоженного масла. Отработанные нефтепродукты, подготовленные для сдачи нефтесбытовым организациям, должны соответствовать требованиям ГОСТ 21046-86 (табл. 13).

Таблица 13

Требования к отработанным нефтепродуктам

| Показатель  | ММО | МИО  | СНО |
|---|-----|------|-----|
| Вязкость кинематическая при 50 °С, мм <sup>2</sup> /с | >35 | 5–35 | –   |
| Температура вспышки, °С, не ниже                      | 100 | 120  | –   |
| Содержание, %, не более:                              |     |      |     |
| механических примесей                                 | 1,0 | 1,0  | 1,0 |
| воды  | 2,0 | 2,0  | 2,0 |

Обычно плотность нефтепродуктов определяются нефтенсиметром (см. рис. 3). Однако смазочные масла обладают высокой вязкостью, что не позволяет непосредственно измерить их плотность с помощью нефтенсиметра, поскольку высокая вязкость нефтепродукта мешает свободному перемещению нефтенсиметра, особенно при пониженных температурах. Поэтому вязкие нефтепродукты можно разбавить (1:1) керосином известной плотности (приведенной к нормальной температуре 20 °С). С помощью нефтенсиметра и введением температурной поправки определяют плотность приготовленной смеси. Плотность испытуемого вязкого нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$\rho = 2\rho_1 - \rho_2,$$

где  $\rho_1$  – плотность смеси;  
 $\rho_2$  – плотность разбавителя (керосина).

Количественное содержание воды в масле может быть найдено по способу Дина и Старка, который заключается в отгоне воды из смеси масла с растворителем. Схема установки приведена на рис. 12.

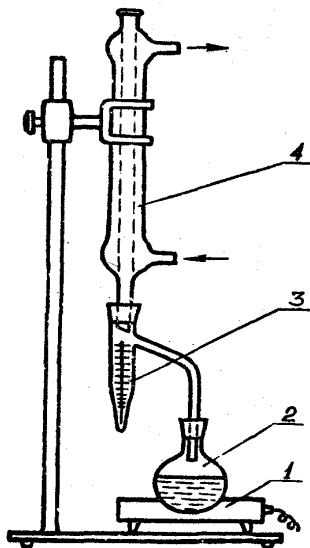


Рис. 12. Установка для определения содержания воды в масле:  
 1 – колбонагреватель; 2 – колба; 3 – приемник-ловушка;  
 4 – холодильник

В колбу 2 наливают 100 мл испытуемого масла, добавляют 100 мл растворителя и взбалтывают. Чтобы раствор кипел без вспенивания, в колбу помещают кусочки пемзы или фаянса. К колбе плотно присоединяют приемник-ловушку 3, а к нему – холодильник 4. С помощью резиновых шлангов холодильник 4 соединяют с водопроводной сетью, включают колбонагреватель 1 и начинают нагревание. После закипания смеси масла и растворителя регулируют скорость нагревания так, чтобы с нижнего конца трубки холодильника падали в ловушку 2–4 капли в секунду. Вода накапливается в нижней части градуированного отростка приемника-ловушки 3, а растворитель находится в верхней его части.

Как только уровень растворителя доходит до отводной трубки ловушки, его избыток стекает обратно в колбу. Перегонку продолжают, пока объем воды в ловушке перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя в ловушке станет совершенно прозрачным.

Процентное содержание воды  $W''$  в пробе масла (% от объема) вычисляют по формуле:

$$W'' = \frac{V' \cdot 100}{V''},$$

где  $V'$  и  $V''$  – соответственно, объемы воды в ловушке и пробы масла, мл.

Группу отработанного масла определяют по его условной вязкости при зафиксированной при испытании температуре масла. Условная вязкость определяется вискозиметром Энглера (см. лабораторную работу № 5). Температуру пробы отработанного масла измеряют стеклянным термометром, время истечения контрольного объема отработанного масла – секундомером.

Для проведения измерений в вискозиметр наливают пробу отработанного масла до уровня, определенного специальными указателями. На короткое время включают электронагревательное устройство вискозиметра для того, чтобы подогреть пробу до температуры, входящей в температурный диапазон оси ординат специальной номограммы, приведенной на рис. 11. При нагреве пробу постоянно перемешивают с помощью мешалки вискозиметра. После достижения требуемой температуры пробы масла электронагревательное устройство отключают. Истечение масла в установленную для этой цели мензурку начинается в момент, когда вынимается конический клапан вискозиметра. В этот же момент засекается время начала истечения с помощью секундомера, момент конца истечения фиксируется тогда, когда в мензурку вытечет 200 мл масла.

Время истечения  $\tau_m$  замеряют дважды, результатом берут среднее значение.

Условную вязкость  $B_t$  (с) испытуемого масла находят из выражения:

$$B_t = \tau_m K,$$

где  $\tau_m$  – время истечения масла через сопло вискозиметра при температуре испытания, с;

$K$  – поправочный коэффициент (берут из паспорта вискозиметра).



У лабораторного вискозиметра, имеющегося в лаборатории ТСМ БГАТУ, поправочный коэффициент составляет 0,05.

Затем по номограмме (рис. 13) находят точку пересечения полученной условной вязкости  $B_t$  и замеренной в начале испытания температуры масла  $t$ . По местоположению этой точки в одном из поименованных полей устанавливают группу отработанного масла (СНО, МИО или ММО), к которой относится испытываемое масло.

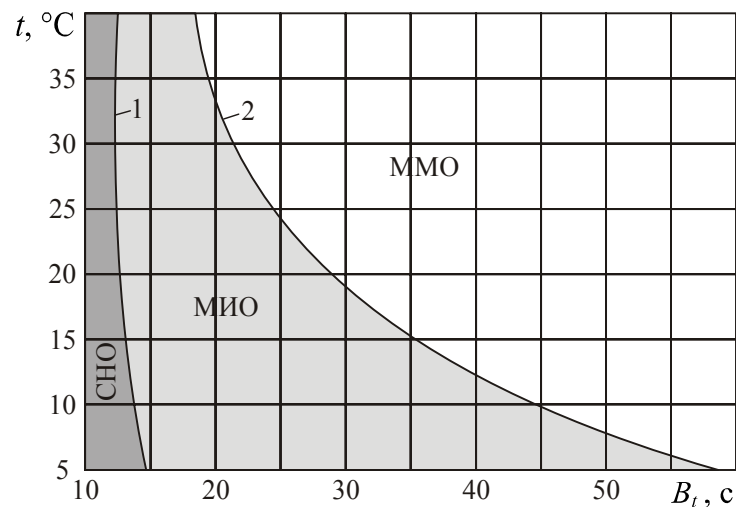


Рис. 13. Номограмма для определения группы отработанного масла:  
1 – для масла вязкостью  $5 \text{ мм}^2/\text{с}$  (сСт) при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
2 – для масла вязкостью  $25 \text{ мм}^2/\text{с}$  (сСт) при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Практическая работа:

1. Выполнить отбор проб отработанных нефтепродуктов, ознакомиться с конструкцией и основными техническими данными используемого оборудования.
2. Подробно изучить методику оценки показателей состояния отработанного масла.
3. Выполнить опыты по определению плотности, содержания воды, условной вязкости и группы отработанного масла.
4. Оформить результаты опытов и дать заключение о дальнейшем использовании нефтепродуктов по результатам анализа их проб.

Отчет по данной работе должен содержать:

- основные сведения о методах оценки показателей состояния отработанных нефтепродуктов;
- основные сведения об используемом оборудовании;
- результаты опытов по определению плотности, содержания воды и условной вязкости отработанного моторного масла;
- анализ результатов и выводы.

#### Контрольные вопросы:

1. Как изменяются основные показатели качества смазочных масел при длительной эксплуатации техники и оборудования?
2. Как влияет накопившаяся вода в системе смазки ДВС на основные показатели моторных масел?
3. Для каких показателей моторных масел установлены отклонения, являющиеся браковочными при ухудшении качества масла при его длительной эксплуатации?
4. По каким причинам организован обязательный сбор отработанных нефтепродуктов?
5. Назовите основные требования к показателям состояния отработанного масла при сдаче отработанных нефтепродуктов на сборные пункты.
6. Какие группы отработанных масел установлены при их организованном сборе?
7. По какому показателю определяется группа отработанных масел?
8. Какие основные стадии технологии имеет процесс регенерации отработанных масел?

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

*Цель работы:* изучить требования к пластичным смазкам и основные методы оценки показателей качества пластичных смазок.

*Студент должен знать:* основные требования к пластичным смазкам, показатели качества пластичных смазок и методы определения основных показателей качества пластичных смазок;

*уметь:* оценивать качество пластичных смазок по числу пенетрации и температуре каплепадения.

### Основные сведения

К признакам качества для всех видов пластичных смазок относятся: внешний вид (цвет, структура), содержание воды и механических примесей, коррозионная активность, активность по отношению к резинотехническим изделиям, растворимость водой.

Обязательные показатели качества для основных видов пластичных смазок следующие: предел прочности, число пенетрации, температура каплепадения, эффективная вязкость, содержание свободных щелочей и органических кислот, коллоидная и механическая стабильность, наличие механических примесей и воды.

В данной работе требуется определить число пенетрации пластичной смазки и температуру каплепадения.

### Методика испытаний

Число пенетрации определяется специальным прибором – лабораторным пенетрометром типа ЛП.

Стеклянный стакан с тщательно перемешанной испытуемой смазкой помещают на столик и шпателем выравнивают поверхность смазки. Избыток смазки снимают. Перемещают кронштейн

по стойке так, чтобы наконечник чистого сухого конуса коснулся поверхности смазки. Положение наконечника конуса контролируют с помощью зеркала. Рейку со сферическим наконечником подводят к плунжеру, стрелку устанавливают на нуль по шкале (360 делений ценой 0,1 мм) и следят, чтобы осталась необходимая длина хода рейки кремальеры (30–35 мм). Одновременно включают секундомер и нажимают пусковую кнопку. Конус свободно погружается в смазку в течение 5 с, затем кнопку отпускают, прекращая погружение. Отпускают рейку до соприкосновения с плунжером, при этом передвигается стрелка индикатора. После снятия показаний очищают конус от смазки, выравнивают поверхность испытуемой смазки в стаканчике и повторяют опыт.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое четырех последовательных определений.

Температура каплепадения определяется с помощью специальной установки (рис. 14), стандартным термометром Уббелюде.

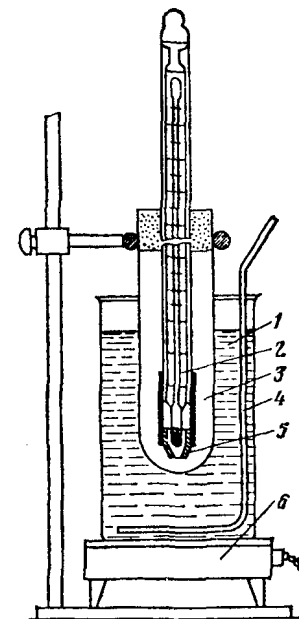


Рис. 14. Прибор для определения температуры каплепадения:  
1 – стакан с водой или глицерином; 2 – специальный термометр с гильзой;  
3 – пробирка; 4 – мешалка; 5 – капсюль для испытуемой смазки; 6 – электроплитка

Испытуемую пластичную смазку плотно вмазывают шпателем в чашечку прибора так, чтобы на поверхности не было пузырьков воздуха. Чашечку вставляют в гильзу термометра так, чтобы верхний край ее упирался в буртик гильзы. На дно сухой чистой пробирки кладут кружок белой бумаги и помещают в пробирку термометр таким образом, чтобы нижний край чашечки находился на расстоянии 25 мм от кружка. Пробирку с термометром помещают в водяную или глицериновую баню. Глицерин используют для смазок с температурой каплепадения выше 80 °С. Воду или глицерин подогревают так, чтобы после достижения температуры на 20 °С ниже ожидаемой температуры каплепадения скорость нагревания составляла 1 °С в минуту.

За температуру каплепадения испытуемой пластичной смазки принимают температуру, при которой падает первая капля или столбик смазки, выступивший из отверстия чашечки, касается дна пробирки. По полученным опытным данным оценивают работоспособность пластичной смазки при повышенных температурах.

#### **Практическая работа:**

1. Выполнить отбор пробы пластичной смазки, ознакомиться с конструкцией и основными техническими данными используемого оборудования.

2. Подробно изучить методику определения числа пенетрации и температуры каплепадения пластичной смазки, получить информацию о требованиях ГОСТ (ТУ) к выбранной испытуемой пластичной смазке.

3. Выполнить опыты по определению числа пенетрации и температуры каплепадения пластичной смазки.

4. Оформить результаты опытов и дать заключение о пригодности к использованию исследуемой пластичной смазки.

Отчет по данной работе должен содержать:

– основные сведения о показателях качества пластичных смазок и методике определения числа пенетрации и температуры каплепадения пластичных смазок;

– основные сведения об используемом оборудовании и подробную характеристику испытуемой пластичной смазки;

– результаты опытов по определению числа пенетрации и температуры каплепадения пластичной смазки;

– анализ результатов и выводы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение пластичной смазки.

2. Назовите основные компоненты пластичных смазок.

3. Назовите основные области применения пластичных смазок.

4. Назовите основные показатели качества пластичных смазок.

5. Что характеризует число пенетрации и температура каплепадения пластичных смазок?

6. Какое соотношение должно быть между рабочей температурой узла смазки и температурой каплепадения применяемой пластичной смазки?

7. Объясните порядок работы с лабораторным пенетрометром при проведении измерений числа пенетрации пластичной смазки.

8. Объясните порядок работы с термометром Уббелодде при проведении измерения температуры каплепадения пластичной смазки.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ И СОСТАВА НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

*Цель работы:* изучить требования к охлаждающим жидкостям и методы оценки основных показателей качества технических жидкостей.

*Студент должен знать:* основные требования к охлаждающим жидкостям, методы оценки основных показателей качества охлаждающих жидкостей, отрицательное влияние на работу автотракторной техники отклонений показателей качества охлаждающих жидкостей от требований стандарта;

*уметь:* определять жесткость воды и состав низкозамерзающей жидкости, основные показатели качества охлаждающих жидкостей лабораторным путем и делать заключение об их пригодности к эксплуатации.

### Основные сведения

Наряду с топливом, маслом и смазками в современных автомобилях широко используются технические жидкости (для охлаждения двигателей, обеспечения торможения и амортизации автомобилей во время движения, приведения в действие механизмов, силовых агрегатов и т. п.).

Технические жидкости должны отвечать многообразным и специфичным требованиям, поэтому для их приготовления используются многочисленные химические и синтетические соединения: гликоли, углеводороды, спирты, глицерин, эфиры и др.

В зависимости от назначения и свойств технические жидкости подразделяют на охлаждающие, тормозные, для гидравлических систем, амортизаторные и пусковые. Производятся также промывочные и очистительные жидкости – это этиловый спирт, очистители стекол, различные моющие средства и др.

### Использование воды в качестве охлаждающей жидкости

Наиболее распространенной жидкостью, применяемой для охлаждения, является вода. Она имеет самую высокую теплоемкость 4,19 кДж/(кг·°С), большую теплопроводность, небольшую кинематическую вязкость ( $\nu_{20^{\circ}\text{C}} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$ ) и большую теплоту испарения.

Однако вода обладает и существенными недостатками, затрудняющими ее применение в качестве охлаждающей жидкости. При температуре 0 °С она замерзает, увеличиваясь в объеме примерно на 10 % и вызывая разрушение системы охлаждения при дальнейшем понижении температуры окружающего воздуха.

При использовании воды в качестве охлаждающей жидкости образование отложений в системе охлаждения двигателя определяется в основном наличием растворенных в воде солей, образующих накипь, теплопроводность которой приблизительно в 100 раз меньше чем теплопроводность стали. Отложение накипи в системе охлаждения (рис. 15) вызывает нарушение теплового режима работы двигателя, увеличение расхода топлива и масла.

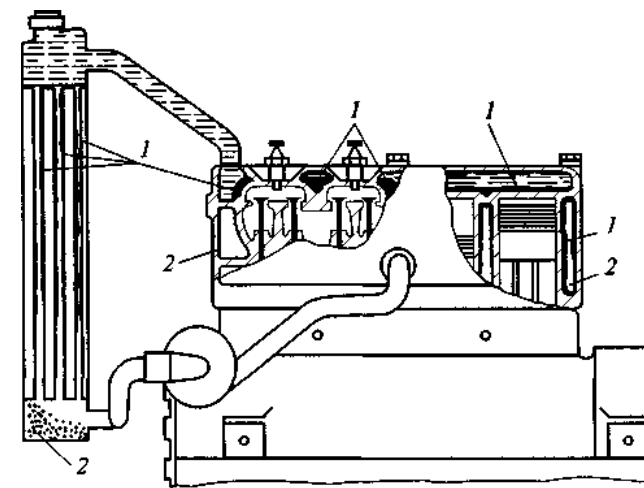


Рис. 15. Типичные места отложения накипи (1) и шлама (2) в системе охлаждения автомобильных двигателей

О количестве растворенных в воде солей можно судить по ее жесткости, единицей измерения которой является миллиграмм-эквивалент на литр (мг-экв/л). Мягкая вода содержит до 3 мг-экв/л солей, вода средней жесткости – от 3 до 6 мг-экв/л, а жесткая – более 6 мг-экв/л.

Целесообразно применять для охлаждения двигателя мягкую воду, не образующую накипь. При использовании для этих целей воды средней жесткости возникает необходимость не реже двух раз в год очищать систему охлаждения от образовавшейся накипи.

Применять жесткую воду следует после предварительного ее умягчения (кипячения, обработки известью и содой) или с добавлением противонакипных присадок (антинакипинов). Например, калиевый хромпик  $K_2Cr_2O_7$  при концентрации его от 5 до 10 г в 1 л воды способен превращать содержащиеся в ней соли в вещества, не образующие накипи.

Применению любого антинакипина должна предшествовать очистка системы охлаждения от образовавшейся ранее накипи.

На рис. 16 приведена схема установки для умягчения жесткой воды.

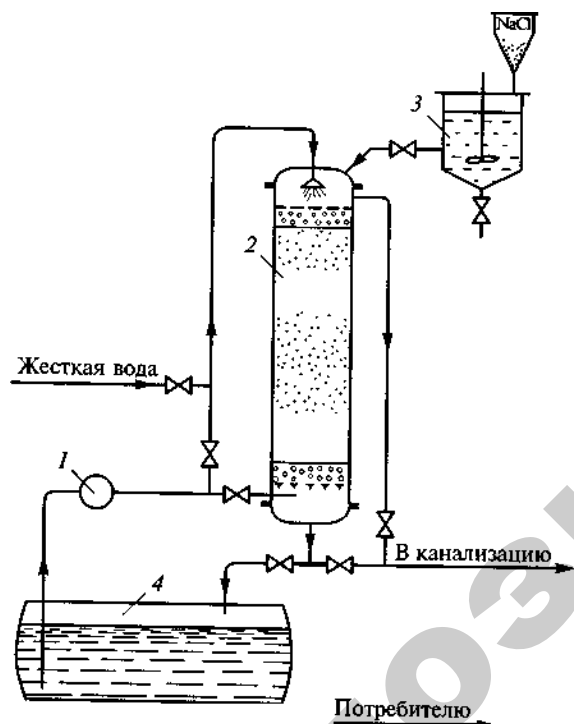


Рис. 16. Схема стационарной катионитовой установки для умягчения жесткой воды:

- 1 – насос; 2 – катионитовый фильтр с сульфированным углем;
- 3 – мешалка для приготовления раствора поваренной соли;
- 4 – сборник умягченной воды

### **Низкотемпературные охлаждающие жидкости**

В зимний период эксплуатации в системах охлаждения применяют низкотемпературные охлаждающие жидкости – антифризы, являющиеся смесью этиленгликоля с водой.

Этиленгликоль (двухатомный спирт  $CH_2OH-CH_2OH$ , или  $C_2H_4(OH)_2$ ) представляет собой маслянистую желтоватую жидкость без запаха с температурой кипения  $197^\circ C$  и температурой кристаллизации  $-11,5^\circ C$ . Минимальное значение температуры замерзания смеси этиленгликоля с водой ( $-72^\circ C$ ) получают при концентрации этиленгликоля 66,7 %.

Этиленгликоль и его водные растворы при нагревании сильно расширяются. Чтобы предотвратить выброс смеси, ее не доливают в систему охлаждения на 6–8 % от общего объема. Этиленгликолевые антифризы имеют повышенную коррозионность по отношению к металлам и разрушают резину.

В состав антифризов вводят противокоррозионные присадки: декстрин-углевод типа крахмала (1 г на литр), предохраняющий от разрушения свинцово-оловянистый припой, алюминий и медь, и динатрий фосфат (2,5–3,5 г на литр), защищающий черные металлы, медь и латунь.

Иногда в простые антифризы вводят молибденовый натрий в количестве 7,5–8,0 г на литр, предотвращающий коррозию цинковых и хромовых покрытий на деталях системы охлаждения. При этом в обозначении антифриза добавляют букву М.

Поскольку антифризы различаются по рецептуре, смешивать разные марки между собой не следует.

При использовании антифризов надо иметь в виду, что в системе охлаждения в первую очередь испаряется вода, которую необходимо периодически доливать в радиатор.

Необходимо также следить за тем, чтобы в этиленгликолевые жидкости не попадали бензин и другие нефтепродукты, так как это вызывает вспенивание и выброс жидкости через пробку радиатора.

Срок службы охлаждающих жидкостей ограничивается. Опытным путем установлено, что «Госол» надежно работает два года, а при интенсивной эксплуатации – в течение 60 тыс. км пробега.

Этиленгликоль – сильный пищевой яд, поэтому после контакта с ним необходимо тщательно мыть руки с мылом.

## Методика испытаний

### Определение карбонатной жесткости воды

Перед началом исследования записывают внешние качества воды: цвет, запах, прозрачность. Если вода мутная, ее предварительно фильтруют.

Для определения карбонатной жесткости нужно знать щелочность воды. Щелочность природных вод зависит от наличия в них солей бикарбонатов кальция, магния, натрия, а также от присутствия солей слабых органических кислот. Бикарбонаты кальция и магния являются основной частью солей, обуславливающих щелочность воды. Щелочность оценивается также в мг-экв/л.

Наливается 100 мл исследуемой воды в коническую колбу, добавляется 3–4 капли метилоранжа. При постоянном перемешивании из бюретки добавляется (по каплям) точно децинормальный (10%-й) раствор соляной кислоты, до перехода окраски воды из желтой в оранжевую. Количество миллилитров израсходованного 1/10N раствора дает щелочность воды в мг-экв/л.

Действительно, точно 1/10N раствор содержит в литре 0,1 г грамм-эквивалента вещества, а 1 мл – 0,1 мг-экв. Если на нейтрализацию воды было израсходовано  $n$  мл 1/10N то, следовательно, в 100 мл содержится 0,1 $n$  мг-экв щелочи, а в литре количество будет в 10 раз больше, то есть  $n$  мг-экв/л. Если раствор кислоты не точно децинормальный, то щелочность воды определяется по формуле:

$$\text{Щ} = k n,$$

где Щ – щелочность воды, мг-экв/л;

$k$  – поправка для приведения кислоты к децинормальному раствору;

$n$  – число миллилитров кислоты, пошедшее на нейтрализацию щелочей, содержащихся в воде.

Для определения карбонатной жесткости 100 мл исследуемой воды берется в колбу емкостью 250 мл, на колбе восковым карандашом делается метка налитого уровня воды. Колба закрывается корковой пробкой со вставленным в нее обратным холодильником и кипятится в течение 30 мин. При кипячении воды происходит разложение бикарбонатов.

Если в процессе кипячения часть воды испарится, то доливается дистиллированная вода до отмеченного уровня.

После кипячения образовавшийся осадок отфильтровывается через плотный бумажный фильтр «синяя лента», осадок промывается

дистиллированной водой. К раствору добавляется 3–4 капли метилоранжа и нейтрализуется 1/10N раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски в оранжевую. Точно по бюретке отмечается количество кислоты, пошедшей на титрование  $m$ . Если из общего количества кислоты  $n$ , пошедшей на определение щелочности, вычесть количество кислоты, пошедшей на нейтрализацию солей, не выпавших в осадок (соли натрия и, если есть, соли органических кислот), то разность, даст карбонатную жесткость:

$$j^{\text{кар}} = n - m, \text{ мг-экв/л.}$$

### Определение состава антифриза

Существуют специальные ареометры-гидрометры, с помощью которых измеряется содержание этиленгликоля в антифризе и температура его замерзания. Гидрометр (рис. 17), представляет собой ареометр, снабженный вместо шкалы плотности двойной шкалой – содержания этиленгликоля и температуры замерзания.

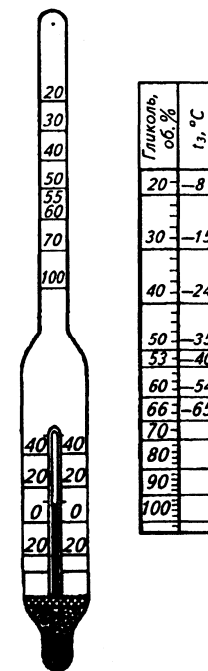


Рис. 17. Гидрометр и его шкала

При проведении опыта температура антифриза должна быть 20 °С, для чего антифриз, налитый в цилиндр, выдерживается в термостатирующем устройстве в течение 15 мин. В этом случае не требуется вводить в полученный результат температурных поправок.

Осторожно опускается гидрометр в цилиндр с антифризом. После того, как гидрометр установился, по верхней границе мениска отсчитываются на шкале значения: состава антифриза и температуры замерзания. Если определение состава антифриза производится не при 20 °С, то в показания гидрометра вносят поправку (табл. 13).

Таблица 13

Поправки к показаниям гидрометра

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

В первой колонке табл. 13 показана температура, при которой проводился опыт, а по горизонтальной строке – показания гидрометра при температуре опыта. Затем в том же столбце, но в строке, соответствующей 20 °С, находят истинное содержание этиленгликоля в антифризе.

Например, при температуре 10 °С содержание этиленгликоля по гидрометру 38 %. Истинное содержание этиленгликоля (при 20 °С) будет 38 %. Если в табл. 13 отсутствуют значения температуры и показания гидрометра, прибегают к интерполяции. После того, как найден истинный состав антифриза, по шкале гидрометра определяют температуру его замерзания.

В том случае, когда состав антифриза не соответствует нормам, готовится смесь требуемого качества. Необходимая добавка воды или этиленгликоля при исправлении антифриза рассчитывается по формулам:

$$M = (a - b) / b H;$$

$$M = (c - d) d H,$$

где  $M$  – количество добавляемого компонента, л;

$H$  – объем исходного образца, л;

$a$  и  $b$  – содержание воды в исходном образце и в заданной смеси, % по объему;

$c$  и  $d$  – содержание этиленгликоля в исходном образце и в заданной смеси, % по объему.

### Практическая работа:

1. Выполнить отбор проб воды для системы охлаждения двигателя и антифриза, ознакомиться с оборудованием для проведения испытаний.

2. Подробно изучить методику определения жесткости воды и состава антифриза, получить информацию о требованиях ГОСТ (ТУ) к выбранному антифризу.

3. Выполнить опыты по определению карбонатной жесткости воды и определить состав и температуру замерзания антифриза.

4. Оформить результаты опытов и дать заключение о пригодности воды для использования в качестве охлаждающей жидкости и определить правила использования антифриза.

Отчет по данной работе должен содержать:

– основные сведения о показателях качества охлаждающих жидкостей и методике определения жесткости воды и состава антифриза;

– основные сведения об используемом оборудовании, расходных материалах и подробные характеристики испытуемых низкотемпературных жидкостей;

– результаты опытов по определению карбонатной жесткости воды и состава антифриза;

– анализ результатов и выводы.

### Контрольные задания:

1. Методика определения карбонатной жесткости воды.

2. Дайте определение техническим жидкостям.

3. Назовите основные компоненты технических жидкостей.

4. Назовите основные области применения технических жидкостей.

5. Назовите основные показатели качества технических жидкостей.

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы. – М. : КолосС, 2004. – 199 с.
2. Итинская, Н. И. Автотракторные эксплуатационные материалы / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 270 с.
3. Итинская, Н. И. Топлива, масла и технические жидкости : справочник / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 304 с.
4. Колосюк, Д. С. Автотракторные топлива и смазочные материалы / Д. С. Колосюк, А. В. Кузнецов. – Киев : Высшая школа, 1987. – 191 с.
5. Кузнецов, А. В. Практикум по топливу и смазочным материалам / А. В. Кузнецов, М. А. Кульчев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 224 с.
6. Кузнецов, А. В. Теплотехника, топливо и смазочные материалы / А. В. Кузнецов, С. П. Рудобашта, А. В. Симоненко. – М. : Колос, 2001. – 240 с.
7. Лышко, Г. П. Топливо и смазочные материалы. – М. : Агропромиздат. – 302 с.
8. Стребков, С. В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе / С. В. Стребков, В. В. Стрельцов. – Белгород : Изд-во Белгородской с.-х. академии, 1999. – 404 с.
9. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение / под ред. В. М. Школьников. – М. : Химия, 1999. – 596 с.



**Характеристики автомобильных бензинов**

**Автомобильные бензины производства Мозырского НПЗ**

Автомобильные бензины используются в качестве топлива для двигателей с искровым зажиганием. Производство осуществляется на базе катализатора риформинга с вовлечением легких углеводородных фракций без использования тетраэтилсвинца. В бензины вовлекается дополнительно бензин каталитического крекинга.

Таблица П 1.1

Основные технические параметры бензинов Мозырского НПЗ

| Наименование показателей  | Норма для марки            |    |    |    |     |                      |       |
|---|----------------------------|----|----|----|-----|----------------------|-------|
|   | Нормаль-80 ГОСТ 31077-2002 |    |    |    |     | АИ-92                | АИ-95 |
|   | Класс                      |    |    |    |     | ТУ<br>38.001165-2003 |       |
|   | 1                          | 2  | 3  | 4  | 5   |                      |       |
| Октановое число:<br>по моторному методу, не менее                     | 76                         |    |    |    |     | 83,0                 | 85,0  |
| по исследовательскому методу, не менее                                | 80                         |    |    |    |     | 92,0                 | 95,0  |
| Фракционный состав:<br>10 % перегоняется при температуре, °С, не выше | 75                         | 70 | 65 | 60 | 55  | 75                   | 75    |
| конец кипения, °С, не выше  | 215                        |    |    |    |     | 215                  | 215   |
| Давление насыщенных паров, кПа:<br>мин.                               | 35                         | 45 | 55 | 60 | 80  | 35                   | 35    |
| макс.   | 70                         | 80 | 90 | 95 | 100 | 93,3                 | 93,3  |
| Индукционный период, мин, не менее                                    | 360                        |    |    |    |     | 900                  | 900   |
| Массовая доля серы, %, не более                                       | 0,05                       |    |    |    |     | 0,05                 | 0,05  |
| Объемная доля бензола, %, не более                                    | 5                          |    |    |    |     | 5                    | 5     |

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

### Автомобильные бензины производства Российской Федерации

В структуре производства бензина в России в 2000–2008 г.г. (35 млн т) основную долю занимал «Регуляр-91» – около 18 млн т (51 %), «Нормаль-80» – около 10 млн т (29 %), на «Премиум-95» приходилось до 4 млн т (11 %), прямогонный бензин около 3 млн т (8 %), на «Супер-98» – меньше процента всего производства. В том числе производство МТБЭ составило около 700 тыс. т.

В 2007 году внутреннее потребление бензина в Российской Федерации составило около 29 млн т в год, рост потребления, несмотря на существенный рост автомобильного парка (8 %), составляет около 1,5 % в год. Структура потребления повторяет структуру производства. Прирост потребления отмечался, прежде всего, за счет высокооктановых бензинов – произошло постепенное замещение ими низкооктановых. Основным потребителем «Нормаль-80» являлся грузовой малотоннажный и внутригородской пассажирский транспорт.

Значительную часть экспорта составили полуфабрикатный прямогонный, а также бензин марки «Нормаль-80» – экспортный.

Таблица П 1.2

Основные технические характеристики бензинов по ГОСТ Р 51105-97

| Наименование показателей                              | Марка бензина      |            |            |          |
|---|--------------------|------------|------------|----------|
|   | Нормаль-80         | Регуляр-91 | Премиум-95 | Супер-98 |
| Октановое число:<br>по моторному методу,<br>не менее  | 76,0               | 82,5       | 85,0       | 88,0     |
| по исследовательскому<br>методу, не менее             | 80,0               | 91,0       | 95,0       | 98,0     |
| Содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> ,<br>не более    | 0,010              |            |            |          |
| Содержание марганца, мг/дм <sup>3</sup> ,<br>не более | 50                 | 18         | –          | –        |
| Содержание фактических смол,<br>мг/100 мл, не более   | 5,0                |            |            |          |
| Индукционный период,<br>мин, не менее                 | 360                |            |            |          |
| Массовая доля серы, %, не более                       | 0,05               |            |            |          |
| Объемная доля бензола,<br>%, не более                 | 5                  |            |            |          |
| Испытание на медной пластине                          | Выдерж. класс 1    |            |            |          |
| Внешний вид   | Чистый, прозрачный |            |            |          |
| Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>                | 700–750            | 725–780    | 725–780    | 725–780  |

Примечание. Содержание марганца определяют только для бензинов с марганцевым антидетонатором (МЦТМ).

Характеристики дизельных топлив

Таблица П. 2.1

Основные технические характеристики дизельных топлив производства Республики Беларусь и Российской Федерации

84

| Показатель  | Марка дизельного топлива |         |         |                                |   |                  |                  |                  |         |
|---|--------------------------|---------|---------|--------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|---------|
|   | Л                        | З       | А       | ДЗп-15/25<br>ТУ 38.401-5836-92 | Арктиче-<br>ское экол.<br>чистое ТУ<br>38.401.584<br>5-92 | ДЛЭЧ-В           | ДЛЭЧ             | УФС              | РФС     |
|   | ГОСТ 305-82              |         |         |                                |   | ТУ 38.1011348-90 | ТУ 38.001.355-86 | ТУ 38.401.652-87 |         |
| Цетановое число, не менее                                       | 45                       | 45      | 45      | 45                             | 45  | 45               | 45               | 45               | 45      |
| Фракционный состав:<br>10 % перегоняется<br>при температуре, °С | -                        | -       | -       | -                              | -   | -                | -                | -                | 150     |
| 50 % перегоняется<br>при температуре, °С                        | 280                      | 280     | 255     | 280                            | 255   | 280              | 280              | 290              | 280     |
| 96 % перегоняется<br>при температуре, °С                        | 360                      | 340     | 330     | 360                            | 330   | 360              | 360              | -                | -       |
| до 360 °С перегоняется, %                                       | -                        | -       | -       | -                              | -   | -                | -                | 90               | 90      |
| Вязкость кинематическая<br>при 20 °С, сСт                       | 3,0-6,0                  | 1,8-5,0 | 1,5-4,0 | 1,8-6,0                        | 1,5-4,0   | 3,0-6,0          | 3,0-6,0          | 3,0-6,5          | 3,0-6,0 |
| Температура застывания:<br>для умеренной<br>климатической зоны  | -10                      | -35     | -       | -35                            | -   | -10              | -10              | 0                | -5      |
| для холодной<br>климатической зоны                              | -                        | -45     | -55     | -                              | -55   | -                | -                | -                | -       |

Продолжение табл. П. 2.1

85

| Показатель   | Марка дизельного топлива |      |      |                                |   |                  |                  |                  |      |
|--|--------------------------|------|------|--------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------|
|  | Л                        | З    | А    | ДЗп-15/25<br>ТУ 38.401-5836-92 | Арктиче-<br>ское экол.<br>чистое ТУ<br>38.401.584<br>5-92 | ДЛЭЧ-В           | ДЛЭЧ             | УФС              | РФС  |
|  | ГОСТ 305-82              |      |      |                                |   | ТУ 38.1011348-90 | ТУ 38.001.355-86 | ТУ 38.401.652-87 |      |
| Температура помутнения,<br>°С, не выше:<br>для умеренной<br>климатической зоны | -5                       | -25  | -    | -25                            | -   | -                | -                | 5                | -    |
| для холодной<br>климатической зоны   | -                        | -35  | -    | -                              | -   | -                | -                | -                | -    |
| Температура вспышки,<br>определяемая в закрытом<br>тигле, °С, не ниже          | 40                       | 35   | 30   | 35                             | 30  | 40               | 40               | 40               | 20   |
| Массовая доля серы,<br>%, не более   | 0,5                      | 0,5  | 0,4  | 0,2/0,5                        | 0,05/0,1  | 0,05/0,1         | 0,05/0,1         | 0,5              | 0,5  |
| Массовая доля меркаптановой<br>серы, %, не более                               | 0,01                     | 0,01 | 0,01 | 0,01                           | 0,01  | -                | -                | 0,01             | 0,01 |
| Содержание сероводорода  | Отсутствует              |      |      |                                |   |                  |                  |                  |      |
| Испытание на медной<br>пластинке   | Выдерживает              |      |      |                                |   |                  |                  |                  |      |
| Содержание водорастворимых<br>кислот и щелочей                                 | Отсутствует              |      |      |                                |   |                  |                  |                  |      |
| Концентрация фактических<br>смола, мг/100 мл, не более                         | 40                       | 30   | 30   | Не<br>нормир.                  | Не<br>нормир.   | -                | -                | 20               | -    |

| Показатель  | Марка дизельного топлива |       |       |                                |   |        |       |                                       |       |                  |
|---|--------------------------|-------|-------|--------------------------------|---|--------|-------|---------------------------------------|-------|------------------|
|   | Л                        | З     | А     | ДЗп-15/25 ТУ<br>38.401-5836-92 | Арктиче-<br>ское экол.<br>чистое ТУ<br>38.401.584<br>5-92 | ДЛЭЧ-В | ДЛЭЧ  | УФС                                   | РФС   |                  |
|   | ГОСТ 305-82              |       |       |                                |   |        |       |                                       |       | ТУ 38.1011348-90 |
| Кислотность, мг КОН на 100 мл, не бол.              | 5                        | 5     | 5     | 5                              | 5   | 5      | 5     | 5                                     | 50    |                  |
| Иодное число, г йода на 100 г, не более             | 6                        | 6     | 6     | 6                              | 6   | –      | –     | 6                                     | 6     |                  |
| Зольность, %, не более                              | 0,01                     |       |       |                                |   |        |       |                                       |       |                  |
| Коксуемость 10%-го остатка, %, не бол.              | 0,3                      | 0,3   | 0,3   | 0,2                            | –   | 0,2    | 0,2   | 0,3                                   | 0,3   |                  |
| Коэффициент фильтруемости                           | 3                        |       |       |                                |   |        |       |                                       |       |                  |
| Предельная температура фильтруемости, °С, не выше   | –                        | –     | –     | –                              | –   | –5     | –5    | Не нормир., но определять обязательно |       |                  |
| Содержание механических примесей                    | Отсутствует              |       |       |                                |   |        |       |                                       |       |                  |
| Содержание воды                                     | Отсутствует              |       |       |                                |   |        |       |                                       |       |                  |
| Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не более   | 0,860                    | 0,840 | 0,830 | 0,860                          | 0,830   | 0,860  | 0,860 | 0,860                                 | 0,845 |                  |
| Содержание ароматических углеводородов, %, не более | –                        | –     | –     | –                              | –   | 20     | –     | –                                     | –     |                  |
| Цвет в единицах ЦНТ, не более                       | –                        | –     | –     | –                              | –   | 2,0    | 2,0   | Не нормир.                            |       |                  |

### Приложение 3

Таблица П. 3.2

#### Основные характеристики моторных и универсальных масел для двигателей

Таблица П. 3.1

Основные характеристики моторных масел для бензиновых двигателей

| Показатель  | Марка моторного масла              |                                     |                                     |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|   | М-4 <sub>г</sub> /6-В <sub>1</sub> | М-5 <sub>г</sub> /10-Г <sub>1</sub> | М-6 <sub>г</sub> /12-Г <sub>1</sub> |
| Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре, °С: |                                    |                                     |                                     |
| 100   | 5,5–6,0                            | 10–11                               | ≥ 12                                |
| –18   | 51 100–2600                        | –                                   | ≥ 10 400                            |
| –30   | ≤ 11 000                           | –                                   | –                                   |
| Динамическая вязкость при –18 °С, мПа·с, не более                 | –                                  | 2300                                | 4500 (при –15 °С)                   |
| Индекс вязкости, не менее   | 125                                | 120                                 | 115                                 |
| Щелочное число, мг КОН/г, не менее                                | 5,5                                | 5,0                                 | 7,5                                 |
| Зольность сульфатная, %, не более                                 | 1,3                                | 0,9                                 | 1,3                                 |
| Массовая доля, %, не более: механических примесей                 | 0,02                               | 0,015                               | 0,015                               |
| воды  | Следы                              |                                     |                                     |
| Содержание активных элементов, %:                                 |                                    |                                     |                                     |
| цинка   | –                                  | 0,12                                | 0,10                                |
| кальция   | –                                  | 0,20                                | 0,23                                |
| Температура застывания, °С, не выше                               | –42                                | –38                                 | –30                                 |
| Температура вспышки, °С, не ниже                                  | 165                                | 200                                 | 210                                 |

Основные характеристики моторных масел для дизелей

| Показатель   | Марка моторного масла |                        |                     |                         |                        |                         |
|--|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|  | М-8-Г <sub>2</sub>    | М-8-Г <sub>3</sub> (κ) | М-10-Г <sub>2</sub> | М-10-Г <sub>3</sub> (κ) | М-8-Д <sub>2</sub> (м) | М-10-Д <sub>2</sub> (м) |
| Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с | 8 ± 0,5               | 8 ± 0,5                | 11 ± 0,5            | 11 ± 0,5                | 8–8,5                  | ≥ 11,4                  |
| Индекс вязкости, не менее                              | 85                    | 95                     | 85                  | 95                      | 102                    | 90                      |
| Щелочное число, мг КОН/г, не менее                     | 6,0                   | 6,0                    | 6,0                 | 6,0                     | 8,5                    | 8,2                     |
| Зольность сульфатная, %, не более                      | 1,65                  | 1,15                   | 1,65                | 1,15                    | 1,5                    | 1,5                     |
| Содержание активных элементов, %, не менее:            |                       |                        |                     |                         |                        |                         |
| цинка  | 0,06                  | 0,05                   | 0,06                | 0,05                    | –                      | 0,04                    |
| кальция  | 0,15                  | 0,19                   | 0,15                | 0,19                    | –                      | 0,15                    |
| бария  | 0,45                  | –                      | 0,45                | –                       | –                      | –                       |
| фосфора  | 0,06                  | 0,05                   | 0,06                | 0,05                    | –                      | –                       |
| Массовая доля, %, не более: мех. примесей              | 0,015                 | 0,015                  | 0,015               | 0,015                   | 0,02                   | 0,025                   |
| воды   | Следы                 |                        |                     |                         |                        |                         |
| Температура застывания, °С, не выше                    | –25                   | –30                    | –15                 | –18                     | –30                    | –18                     |
| Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже      | 200                   | 210                    | 205                 | 220                     | 195                    | 220                     |

Таблица П. 3.3

Основные характеристики универсальных масел

| Показатель   | Марка моторного масла |           |
|--|-----------------------|-----------|
|  | М-8-В                 | М-6з/10-В |
| Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с | 7,5–8,5               | 9,5–10,5  |
| Индекс вязкости  | 93                    | 120       |
| Щелочное число, мг КОН/г, не менее                     | 4,2                   | 5,5       |
| Зольность сульфатная, %, не более                      | 0,95                  | 1,3       |
| Массовая доля, %, не более:<br>механических примесей   | 0,015                 | 0,02      |
| воды   | Следы                 |           |
| Температура застывания, °С, не выше                    | –25                   | –30       |
| Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже      | 207                   | 190       |

## Приложение 4

## Основные показатели трансмиссионных масел

Таблица П. 4.1

Основные характеристики трансмиссионных масел

| Показатель   | Марка трансмиссионного масла |                    |                      |                      |                        |                      |
|--|------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
|  | ТЭп-15<br>(ТМ-2-18)          | ТСп-10<br>(ТМ-3-9) | ТСп-15к<br>(ТМ-3-18) | ТАп-15В<br>(ТМ-3-18) | ТСп-14гип<br>(ТМ-5-18) | ТАд-17и<br>(ТМ-5-18) |
| Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с, не менее         | 15 ± 1                       | 10                 | 15 ± 1               | 15 ± 1               | ≥ 14                   | ≥ 17,5               |
| Индекс вязкости, не менее  | –                            | 90                 | 90                   | –                    | 85                     | 100                  |
| Массовая доля, %:<br>механических примесей                               | 0,03                         | 0,02               | 0,01                 | 0,03                 | 0,01                   | Отсут.               |
| воды   | Следы                        | Следы              | Следы                | Следы                | Отсут.                 | Следы                |
| Температура, °С:<br>застывания, не выше                                  | –18                          | –40                | –25                  | –20                  | –25                    | –25                  |
| вспышки в открытом тигле, не ниже  | 185                          | 128                | 185                  | 185                  | 215                    | 200                  |
| Испытания на коррозию пластинок из стали и меди в течение 3 ч при 100 °С | Выдерживает                  |                    |                      |                      |                        |                      |
| Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более                        | 950                          | 915                | 910                  | 930                  | 910                    | 907                  |

Таблица П. 4.2

Область применения трансмиссионных масел

| Марка масла         | Категория по API | Область применения                      |
|---------------------|------------------|---|
| ТЭп-15(ТМ-2-18)     | GL-2             | Передачи тракторов, комбайнов           |
| ТСп-10 (ТМ-3-9)     | GL-3             | Передачи автомобилей, тракторов         |
| ТСп-15к (ТМ-3-18)   | GL-3             | Трансмиссии грузовых автомобилей КамАЗ  |
| ТАп-15В (ТМ-3-18)   | GL-3             | Трансмиссии автомобилей и тракторов     |
| ТСп-14гип (ТМ-5-18) | GL-5             | Гипоидные передачи грузовых автомобилей |
| ТАд-17и (ТМ-5-18)   | GL-5             | Трансмиссии легковых автомобилей        |

ДЛЯ ЗАМЕТОК

*Учебное издание*

**Варфоломеева** Татьяна Алексеевна,  
**Бобровник** Александр Иванович,  
**Поздняков** Николай Александрович и др.

**ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ**

*Лабораторный практикум*

Ответственный за выпуск А. И. Бобровник  
Редактор Т. В. Каркоцкая  
Компьютерная верстка Ю. П. Каминской

Подписано в печать 02.03.2011 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 4,18. Тираж 100 экз. Заказ 224.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.