

ФГБОУ ВО  
Новосибирский ГАУ

Инженерный институт

Кафедра «Сельскохозяйственные машины»

## **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Методические указания  
для самостоятельной работы

Новосибирск 2022

УДК 669.75 (075.5)

Кафедра «Сельскохозяйственные машины»

Составитель: д-р техн. наук, профессор Г. М. Крохта, кан., техн. наук, доцент В.А. Крум.

Рецензент: Е.А. Булаев, канд. техн. наук, доцент

Эксплуатационные материалы: Методические указания для самостоятельной работы/ Сост. Г. М. Крохта, В.А. Крум, Новосиб. гос. аграр. ун-т.– Новосибирск, 2022. – 46 с.

Методические указания предназначены для студентов очного и заочного отделений Инженерного института, обучающихся по направлению 35.03.06 - Агроинженерия, профиль - Технические системы и роботизация пищевых производств; Сервис технических систем; Технические системы и цифровизация производства; Электрооборудование и электротехнологии.

Утверждены методическим советом Инженерного института (протокол №\_2\_ от «\_27\_»\_сентября\_\_\_2022 года).

Ответственный за выпуск Гуськов Ю.А.

© ФГБОУ Новосибирский государственный аграрный университет, 2022  
© Инженерный институт, 2022

## **введение**

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

Современное сельскохозяйственное производство расходует значительную часть дизельного топлива, автомобильного бензина, моторных и трансмиссионных масел, специальных жидкостей и других нефтепродуктов, производимых в стране.

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

Большое значение имеет экономное, бережное использование топлив и смазочных материалов. Во многих хозяйствах построены типовые нефтесклады, применяется закрытая механизированная заправка с помощью топливораздаточных колонок и передвижных заправочных агрегатов.

Значительному снижению расхода топлив и смазочных материалов способствует повышение качества товарных нефтепродуктов, совершенствование конструкции тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. Например, неправильно выбранное моторное масло сократит ресурс и снизит надежность работы двигателя. Однако даже самые высококачественные масла не могут увеличить ресурс работы узла трения или механизма, если этот не предусмотрен конструктором. Смазочное масло должно иметь такой запас эксплуатационных свойств, который позволит нормально эксплуатировать узел трения до установленного срока технического обслуживания или ремонта.

## **Общие методические указания по изучению дисциплины**

### **Цели и задачи курса**

Эксплуатация машинно-тракторного парка предполагает использование различных расходных материалов (топлив, смазочных материалов и технических жидкостей). Современное производство АПК потребляет до 45% дизельного топлива и моторных масел, около 35% бензина, выпускаемых в РФ. Поэтому в общей структуре затрат на произведенную продукцию большая доля относится к расходам на топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Снижение доли затрат на нефтепродукты возможно путем их рационального использования: соответствие качества нефтепродукта конструктивным особенностям машины, совершенствование учета топлива и смазочных материалов, улучшение условий их хранения. Кроме того, существует объективная взаимосвязь между качеством топлива и смазочных материалов, конструкцией силовой установки и показателями эффективности машин.

В начале 60-х годов возникла и успешно развивается в настоящее время новая отрасль знаний о применении топлив и смазочных материалов в технике –

**химмотология.** Понятие «химмотология» происходит от слов «химия», «мотор» и «логия» (наука).

Целью изучения дисциплины «Эксплуатационные материалы» является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков по определению эксплуатационных свойств топлив и масел, их влияние на технико-экономические показатели самоходных и других сельскохозяйственных машин, экономии нефтепродуктов и сокращения их потерь.

Студенты самостоятельно изучают дисциплину по основному рекомендованному учебнику. Для более глубокого изучения отдельных тем и вопросов рекомендуется дополнительная литература.

Закончив изучение материала по тому или другому разделу, необходимо ответить на вопросы для самопроверки.

Изучив теоретический материал, студент приступает к выполнению контрольной работы согласно заданию. Задание для контрольной необходимо получить у методиста. Выполненная контрольная работа высылается в институт для проверки.

Приезжая на очередную сессию в институт, студент слушает лекции по наиболее сложным темам дисциплины и выполняет лабораторные работы; завершается курс сдачей зачета, к которому допускаются студенты, выполнившие и защитившие контрольные и лабораторные работы.

### **Список основной литературы**

1. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко ; под ред. А.Н. Карташевича. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 421 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010298-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839670>

### **Список дополнительной литературы**

1. Эксплуатационные материалы / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 528 с. — ISBN 978-5-507-45309-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264500>

2. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В.В. Остриков [и др.] ; под общ. ред. В. В. Острикова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 244 с. - SBN 978-5-9729-0321-4. - ISBN 978-5-9729-0321-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048739>

## Раздел 1. Топлива

### 1.1. Применение и эксплуатационные свойства топлив для энергетических средств сельскохозяйственного производства

В соответствии с современной научной классификацией можно выделить следующие виды энергии: тепловую, механическую, электростатическую, ядерную, электромагнитную и т.д.

Из всего многообразия в виде конечной энергии в настоящее время используют тепловую (около 76% общего расхода энергии), механическую (около 23%) и электромагнитную (для передачи энергии – около 1%).

Источниками тепловой и механической энергии являются первичные энергетические ресурсы (**ПЭР**), которые подразделяются на возобновляемые и не возобновляемые.

К возобновляемым **ПЭР** относятся: солнечная энергия, гидравлическая энергия стока рек, энергия приливов и отливов океанских вод, энергия мирового океана в виде морских и океанских волн, течений, теплота морей и океанов, геотермальная энергия, энергия биомасс (сельскохозяйственных культур и их отходов, древесины, водорослей и других растительных материалов твердых и жидких бытовых отходов и т.п.), энергия ветра.

К не возобновляемым **ПЭР** относятся ископаемые топлива – обычная нефть и газовый конденсат, природные битумы, природный (естественный) и нефтяной (попутный) газ, уголь, горючие сланцы и торф.

**Топливо** – горючее вещество (основная часть которого – углерод), способное к выделению большого количества теплоты и развивающее при этом высокую температуру, имеющее широкое распространение в природе, добываемое легкодоступными и дешевыми способами. Кроме того, топливо при сгорании не должно выделять токсичных соединений.

Топливо состоит из органической и не органической частей. Органическая часть топлива включает в себя горючую часть, представленную следующими химическими элементами: углерод (**С**) – 50...87%, водород (**Н**) – 12...14%, кислород (**О**), сера (**S**) – от 0,01 в ряде случаев до 7% и не горючую часть: азот (**N**), кислород (**О**).

Не горючая часть топлива не выделяет теплоту и образует внешний балласт: минеральные примеси (**М**) и вода (**W**). При сгорании топлива вода испаряется, минеральные примеси частично разлагаются и образуют золу (**A**).

Балласт газообразного топлива – не горючие газы: кислород (**O<sub>2</sub>**), азот (**N<sub>2</sub>**), углекислый газ (**CO<sub>2</sub>**), серный ангидрид (**SO<sub>2</sub>**), и пары воды (**H<sub>2</sub>O**).

Углерод (**С**) и водород (**Н**) при сгорании выделяют большое количество теплоты. Сера, входящая в состав топлива в небольшом количестве, образует при сгорании оксиды серы, которые вызывают интенсивную коррозию деталей. Поэтому ее наличие в топливе нежелательно.

Важнейшей характеристикой любого топлива является его теплота сгорания (энергоемкость). Количество теплоты измеряют джоулями (Дж). Длительное время пользовались калориями (кал). Соотношение между ними следующее: 1 кал = 4,1867 Дж, 1 ккал = 4,1867 кДж.

Энергетический потенциал топлива определяется высшей – максимально возможное количество теплоты ( $Q_v$ ) или низшей ( $Q_n$ ) теплотой сгорания.

Высшая удельная теплота сгорания жидкого и твердого топлива определяется экспериментально или вычисляется расчетным путем по формуле Д. И. Менделеева:

$$Q_v = 396C + 1256H - 109(O - S) \text{ кДж/кг.}$$

В свою очередь низшая удельная теплота сгорания определяется как разность:

$$Q_n = Q_v - 25(9H + W) \text{ кДж/кг,}$$

где  $H$  и  $W$  – содержание в топливе водорода и воды.

Вычитаемое  $25(9H + W)$  представляет собой количество теплоты, затраченное на превращение влаги топлива в пар, который уносится в атмосферу с продуктами сгорания. Для характеристики газообразных топлив применяют объемный показатель объемной теплоты сгорания, представляющий собой количество теплоты, выделяемой при сгорании 1 м<sup>3</sup> газа.

Определение теплоты опытным путем производят в специальных приборах – калориметрах. Сущность метода заключается в сжигании навески испытуемого топлива или определенного объема газа в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода и определении количества теплоты, выделяющейся при сгорании.

**Горение** - быстро протекающая реакция взаимодействия углеводородов и примесей топлива с кислородом воздуха, которая сопровождается выделением теплоты и излучением света. Для возникновения реакции необходимо, чтобы топливо и окислитель были нагреты до температуры самовоспламенения топлива, зависящей от его химического состава и физических свойств, концентрации кислорода, способов смесеобразования, температуры окружающей среды и т. п.

Для полного сгорания 1 кг топлива теоретически необходимое количество воздуха  $L_t$  (кг) определяется по формуле:

$$L_t = (2,67C + 8H + S - O) / 23,2,$$

где коэффициенты в числителе показывают теоретически необходимое количество кислорода для окисления, соответственно 1 кг углерода ( $C$ ), водорода ( $H$ ), и серы ( $S$ ) определенное по химическим реакциям; состав топлива в процентах.

В реальных условиях более полное сгорание топлива возможно при большем количестве воздуха по сравнению с теоретическим, называемым действительным количеством воздуха ( $L_d$ ). Действительное количество воздуха определяют при сгорании топлива с помощью специальных расходомеров (ротационные, диафрагменные, турбинные и т. д.).

Отношение действительно израсходованного количества воздуха к теоретически необходимому количеству называют коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$ ).

$$\alpha = L_d / L_t.$$

Требуемая величина коэффициента избытка воздуха при сгорании может корректироваться по составу продуктов сгорания, который определяется с помощью газоанализаторов.

В настоящее время нефть – основной источник получения жидких топлив различных видов и назначений, смазочных и специальных масел, пластичных смазок и другой разнообразной продукции.

На мировом рынке продают нефть двух сортов – «**Brent**» и «**Urals**». Нефть первого сорта добывают в странах Аравийского полуострова, в Венесуэле и Мексике, а второго – в России и странах Северной Европы. Нефть «**Brent**» дороже «**Urals**», так как содержит меньшее количество серы и имеет более высокую теплоту сгорания.

Нефть представляет собой сложную смесь различных соединений углерода с водородом. По элементному составу она содержит 83...87% углерода (C), 11...14% водорода (H), 0,1...1,2% кислорода (O), 0,02...1,7% азота (N) и 0,01...5,5% серы (S).

В состав нефти входят три основных класса углеводородов: парафиновые, нафтеновые и ароматические.

**Парафиновые углеводороды** ( $C_nH_{2n+2}$ ) составляют основную массу нефти. Они могут быть нормального и изомерного строения. Парафиновые углеводороды нормального строения легко окисляются при повышенных температурах, поэтому не пригодны в топливах для карбюраторных двигателей, так как вызывают детонацию, но желательны в дизельных топливах (обеспечивая мягкую работу двигателей). Изомерные соединения обладают высокой детонационной стойкостью и поэтому являются основной частью современных бензинов.

Парафиновые углеводороды имеют относительно высокую температуру застывания, что затрудняет их использование в зимних сортах дизельных топлив и масел.

**Нафтеновые углеводороды** и их производные являются основной частью смазочных масел, их наличие желательно также в бензинах и дизельных топливах, особенно в зимних сортах, так как они имеют низкую температуру застывания.

**Ароматические углеводороды** способствует повышению детонационной стойкости бензина, так как они имеют высокую устойчивость к окислению, но эти соединения нежелательны в дизельных топливах, потому что вызывают жесткую работу дизелей.

В процессе переработки нефти образуются **непредельные углеводороды**, которые снижают стабильность получаемых нефтепродуктов. При хранении непредельные углеводороды могут соединяться друг с другом или окисляться кислородом воздуха, образуя смолистые высокомолекулярные соединения и органические кислоты. Большая часть этих соединений удаляется при очистке полученных нефтепродуктов.

Переработка нефти осуществляется **физическими** и **химическими** способами. **Физические способы** переработки заключаются в разделении сырья на составные части по температурам кипения без изменения первоначального химиче-

ского состава. К ним относятся прямая (атмосферная и вакуумная) перегонка нефти. **Химические способы** основаны на изменении первоначального химического состава перерабатываемого сырья, в результате чего образуются продукты с заранее заданными свойствами. На перерабатывающих нефтехимических заводах все способы переработки сырья взаимосвязаны.

Полученные дистилляты не являются готовой (товарной) продукцией, а служат сырьем для производства марочного продукта. Ответственной и важной частью при получении топлив является очистка. Существуют **химические** и **физические методы** очистки.

При **химических методах** нежелательные соединения, находящиеся в нефтепродуктах, вступают в химические реакции с реагентом (кислота, щелочь, гидрогенизация), а затем удаляются. При использовании **физических методов** очистка происходит путем растворения нежелательных соединений с помощью селективных растворителей или их адсорбции на поверхностно-активных веществах. Цель очистки – удаление из дистиллята вредных примесей (сернистых, азотных соединений, смолистых веществ, органических кислот и др.), а иногда и нежелательных углеводов (непредельных, полициклических и др.).

### Вопросы для самопроверки

1. Каков элементный состав нефти? Назовите основные группы углеводородов, входящих в состав нефти и дайте их краткие характеристики.
2. Назовите основные группы непредельных углеводородов и укажите их свойства?
3. Как влияет химический состав нефти на свойства получаемых нефтепродуктов?
4. Какие дистилляты получаются при прямой перегонке нефти?
5. Расскажите о применяемых в процессе переработки нефти крекинг-процессах? В чем заключается сущность крекинг-процесса?
6. Влияние химического состава нефти на свойства получаемых нефтепродуктов?
7. Цель очистки нефтепродуктов? Способы очистки нефтепродуктов и их сущность?
8. Что входит в состав органической и неорганической частей топлив?
9. Как понимать высшую  $Q_v$  и низшую  $Q_n$  теплоту сгорания топлива?
10. Как определить высшую  $Q_v$  низшую  $Q_n$  теплоту сгорания по данным элементного состава топлива?
11. Что такое условное топливо?
12. Напишите и объясните формулу для подсчета теоретически необходимого количества воздуха при горении жидкого, твердого и газообразного топлива?
13. Как влияет избыток и недостаток кислорода воздуха на процесс горения?
14. Что называется бедной, богатой и нормальной горючей смесью?



## 1.2. Эксплуатационные свойства автомобильных бензинов

С учетом технологии получения все топлива делятся на **дистиллятные** и **остаточные**. **Дистиллятные топлива** – бензин авиационный и автомобильный, реактивное топливо, дизельное топливо и печное. **Остаточные топлива** – моторное топливо для средне-и малооборотных дизелей (тепловозы, суда). Одним из главных требований, предъявляемых к бензину, является его детонационная стойкость. **Детонационное сгорание** характеризуется большими скоростями сгорания рабочей смеси: например, если при нормальном сгорании скорость распространения фронта пламени составляет 25...35 м/с, то при аномальном сгорании она возрастает до 1500...2500 м/с. Процесс горения при этом сгорание может приобретать взрывной характер с образованием ударных волн по несгоревшей части смеси. Волны, многократно отражаясь от стенок камеры сгорания, вызывают появление металлических стуков в двигателе. В результате происходит падение мощности двигателя и его перегрев, который может вызвать прогорание поршней и клапанов.

**Детонационная стойкость** бензинов оценивается условной единицей, называемой **октановым числом (ОЧ)**, которое определяется двумя методами: **моторным** и **исследовательским**. Эти методы отличаются в основном режимами нагрузки двигателя установки для определения октановых чисел.

Октановое число определяют на одноцилиндровой моторной установке с переменной степенью сжатия с путем применения эталонного топлива. Эталонное топливо представляет собой смесь двух углеводородов парафинового ряда: **изооктана**  $C_8H_{18}$  (его детонационная стойкость принимается за 100 единиц) и **нормального гептана**  $C_7H_{16}$  детонационная стойкость которого принимается за 0 единиц.

**Октановое число** до 100 ед. равно процентному содержанию по объему изооктана в искусственно приготовленной смеси с нормальным гептаном, которая по своей детонационной стойкости равноценна испытываемому бензину.

Детонационную стойкость бензина можно определить расчетным способом по следующей эмпирической зависимости:

$$ОЧ = 125,5 - 413/\varepsilon + 0,183D,$$

где – ОЧ октановое число бензина;

$\varepsilon$  – степень сжатия двигателя;

D – диаметр цилиндра двигателя.

**Испаряемость топлива.** Фракционный состав является одним из основных показателей испаряемости топлива (автомобильного бензина). Все нефтяные топлива – сложная смесь углеводородов, которая выкипает в широком диапазоне температур. **Фракция** – часть топлива, выкипающая в определенном диапазоне температур.

Автомобильные бензины выкипают при температурах от 35 до 195°C. Испаряемость бензина оценивается по температурным пределам его выкипания и по температурам выкипания его отдельных частей - фракций.

**Основные фракции** – пусковая, рабочая и концевая. **Пусковую фракцию** составляют самые легкокипящие углеводороды, которые находятся в 10% объема дистилята. **Рабочую фракцию** представляют дистиляты, находящиеся в пределах от 10 до 90% перегоняемого объема. Фракция, выкипающая от 90% объема до конца кипения, называется **концевой**. В соответствие с ГОСТ фракционный состав нормируется пятью характерными точками: температура начала кипения  $t_{н.к.}$ , температура перегонки  $t_{10\%}$ ,  $t_{50\%}$ ,  $t_{90\%}$  и температурой конца кипения бензина  $t_{к.к.}$ .

Пусковые свойства бензинов оцениваются тремя показателями: температурой начала перегонки, температурой перегонки 10% бензина и давлением насыщенных паров.

В соответствие с ГОСТ 2084-77 автомобильные бензины летнего вида должны иметь температуру начала перегонки не ниже 35°C, 10% бензина должны перегоняться при температуре не выше 70°C. Для бензинов зимнего вида температура начала перегонки не нормируется, а 10% бензина должны перегоняться при температуре не выше 55°C. Поэтому бензины летнего вида обеспечивают пуск холодного двигателя при температуре окружающего воздуха выше 10°C, а в жаркий летний период они не образуют паровых пробок. Бензины зимнего вида дают возможность запустить холодный двигатель при температуре воздуха до минус 26...28°C.

Предельную минимальную температуру, при которой возможен пуск двигателя на бензинах различного фракционного состава, можно определить по формуле:

$$t_b = 0,5 t_{10\%} - 50,5,$$

где  $t_{10\%}$  - температура конца перегонки, °C.

Температура перегонки 50% объема бензина характеризует скорость прогрева после пуска и приемистость двигателя, которая определяет динамику автомобиля. Температура перегонки 50% объема бензина для летнего вида должна быть не выше 115°C, для зимнего вида не выше 100°C. Бензин с низкой температурой перегонки 50% быстрее испаряется во впускном трубопроводе, улучшается наполнение цилиндров горючей смесью и возрастает мощность двигателя. Повышение температуры перегонки 50% бензина выше требования ГОСТ замедляет процесс испарение топлива, что увеличивает продолжительность прогрева двигателя после пуска и ухудшает динамику автомобиля.

Температура перегонки 90% и конца кипения бензина характеризуют его полноту испарения бензина. Когда в бензине содержится много высококипящих углеводородов, то они не испаряются во впускном трубопроводе двигателя, и попадают в цилиндры в виде жидкости. Часть жидкого бензина, поступающего в камеру сгорания, испаряется и сгорает, а оставшаяся часть стекает по стенкам цилиндра и смывает с них масляную пленку, что вызывает повышенный износ трущихся поверхностей цилиндропоршневой группы. Кроме того, тяжелые фракции бензина, попадая в поддон двигателя, снижают качество моторного.

Относительное изменение износа цилиндропоршневой группы в зависимости от температуры перегонки 90% объема бензина можно рассчитать по формуле:

$$ДН = 100 + 0,03(t_{90\%} - 160)^2,$$

где -  $t_{90\%}$  температура перегонки 90% объема бензина, °С.

Температура перегонки 90% объема для автомобильных бензинов летнего вида должна быть не выше 180°С, а зимнего – 160°С. Конец кипения бензинов летнего вида должен быть не выше 195°С, а зимнего – 185°С. (см. таблицу 2.1.).

Скорость и полнота испарения бензинов в значительной степени определяется давлением насыщенных паров. Давлением насыщенных паров называют давление, развиваемое парами в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре.

**Таблиц 2.1. Основные показатели бензинов**

Показатели	А-76	АИ-91	АИ-93	АИ-95	А-96	АИ-98
Октановое число: моторный метод; исследовательский	76 -	82,5 91	85 93	85 95	88 96	88 98
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не выше: летнего; зимнего	35 -	35 -	35 -	35 -	35 -	- -
10% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше: летнего; зимнего	70 55	70 55	70 55	75 55	75 -	75 -
50% бензина перегоняется при температуре, оС, не выше: летнего; зимнего	115 100	115 100	115 100	120 -	120 -	120 -
90% бензина перегоняется при температуре, оС, не выше: летнего; зимнего	180 160	180 160	180 160	180 160	190 -	190 -
Давление насыщенных паров бензина, кПа: летнего, не более зимнего	66,7 до 93,3	66,7 до 93,3	66,7 до 93,3	66,7 до 93,3	79,9 -	79,9 -
Содержание фактических смол,						

мг/100см <sup>3</sup> , не более:						
на месте производства;	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
на месте потребления	10,0	10,0	10,	10,0	-	-

По значению давления насыщенных паров можно судить о пусковых свойствах бензина, склонности его к образованию паровых пробок в топливной системе двигателя, возможных потерях при транспортировке и хранении.

Чем больше в бензинах содержится углеводородов с низкой температурой кипения, тем выше его испаряемость и давление насыщенных паров, лучше пусковые свойства двигателя, но возрастает склонность к образованию паровых пробок.

У выпускаемых в настоящее время автомобильных бензинов в соответствии с ГОСТ 2984-77 давление насыщенных паров бензина летнего вида должно быть не более 66 661 Па (500 мм. рт. ст.), а зимнего вида – от 66 661 до 93 325 Па (500-700 мм. рт. ст.). Работа автомобиля в летний период на бензинах зимнего вида запрещена, так как в связи с высоким давлением насыщенных паров бензина в системе питания будут интенсивно образовываться паровые пробки. Работа автомобилей в зимний период на летнем бензине сопровождается затрудненным пуском, снижением динамических качеств и повышенным износом цилиндропоршневой группы.

При изучении эксплуатационных свойств бензина нужно рассмотреть и другие не менее важные показатели качества бензина: стабильность, склонность к нагарообразованию, коррозионные свойства.

#### Вопросы для самопроверки

1. Требования, предъявляемые к бензинам.
2. Как определяется фракционный состав бензина?
3. Какими характерными температурами оценивается фракционный состав бензина?
4. Что называется пусковой и рабочей фракциями? Как они влияют на работу двигателя?
5. Чем отличаются зимние сорта бензинов от летних?
6. Что такое фактические и потенциальные смолы и как их определяют?
7. Причины нагарообразования в двигателях?
8. Как оценивается стабильность бензинов и причины ее ухудшения?
9. От чего зависит коррозирующее действия топлив?
10. Что такое детонационное сгорание? Влияние химического состава бензина на возникновение детонации.
11. Что называют октановым числом и как оно определяется?
12. Марки выпускаемых бензинов?

### 1.3. Эксплуатационные свойства дизельных топлив

Наиболее широкое распространение в качестве силовых установок получили дизельные двигатели, основным их преимуществом является высокая экономичность. Экономичность дизельных двигателей на 30...40% выше карбюраторных.

Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизельных двигателях в значительной степени отличаются от процессов, происходящих в карбюраторных двигателях. Образование горючей смеси у дизелей происходит непосредственно в камере сгорания за короткий промежуток времени, который соответствует 15...20° поворота коленчатого вала. Это примерно в 10 раз меньше, чем в карбюраторных двигателях.

Качество смесеобразования и сгорания топлива зависит от давления и температуры сжатого воздуха, концентрации паров топлива и воздуха, тонкости распыливания, испаряемости и химического состава топлива.

Дизельное топливо – это сложная смесь парафиновых, нафтенowych, ароматических углеводородов и их производных, выкипающих в пределах 170...380°C, температура вспышки составляет 35...80°C, а застывания – ниже минус 5°C. Наиболее склонны к окислению и самовоспламенению парафиновые углеводороды, более устойчивые нафтенowe и самые стойкие к окислению ароматические углеводороды.

**Самовоспламеняемость топлива** оценивается цетановым числом (ЦЧ), которое определяется тремя методами: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения и по критической степени сжатия. В нашей стране принят метод совпадения вспышек. Для этого используется одноцилиндровая дизельная установка ИТ9-3М с изменяемой степенью сжатия.

**Цетановое число** топлива равно процентному содержанию (по объему) цетана в искусственно приготовленной смеси с альфаметилнафталином, эквивалентной по самовоспламеняемости испытываемому топливу.

Кроме этого ЦЧ можно определить по следующей формуле:

$$\text{ЦЧ} = (\nu_{20} + 17,8)1587,9/\rho_{20},$$

где  $\nu_{20}$  - кинематическая вязкость, при 20°C, мм<sup>2</sup>/с;

- плотность топлива при 20°C, кг/м<sup>3</sup>.

Цетановое число дизельного топлива оказывает влияние на пусковые характеристики двигателя, максимальное давление сгорания, удельный расход топлива, температуру отработанных газов, нагарообразование в двигателе, дымность и токсичность отработавших газов. С увеличением цетанового числа топлива показатели работы двигателя улучшаются.

У выпускаемых в настоящее время дизельных топлив цетановое число должно быть не менее 45 ед. Повышение цетанового числа свыше 50 ед. не оказывает существенного влияния на работу дизельного двигателя.

В зависимости от климатических зон страны и условий эксплуатации авто-тракторной техники стандартом предусмотрен выпуск дизельного топлива следующих марок: **Л** – летнее, **З** – зимнее, **А** – арктическое.

Топливо **Л** предназначено для дизелей эксплуатирующихся при температуре окружающего воздуха 0°C и выше.

Дизельное топливо марки **З** выпускается двух видов: с температурой застывания не выше  $-35^{\circ}\text{C}$  и  $-45^{\circ}\text{C}$ . Первое предназначено для использования в умеренных климатических зонах при температуре окружающего воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  и выше. Второе – для использования в холодной климатической зоне с температурой окружающего воздуха  $-30^{\circ}\text{C}$  и выше.

Температура застывания арктического дизельного топлива не выше  $-55^{\circ}\text{C}$ . Оно предназначено для дизелей, работающих в условиях Севера и Сибири при температуре воздуха до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида: первый – содержание серы не более 0,2%, второй – не более 0,5% для топлив марок **Л** и **З**, и не более 0,4 – для арктического топлива. В соответствии с ГОСТ 305-82 в марке летнего (**Л**) дизельного топлива указывается содержание серы в % и температура вспышки; в марке зимнего топлива указывается содержание серы в % и температура застывания; для арктического топлива – только содержание серы в %. Например, **Л-0,2-40** означает: **Л** – топливо летнее с содержанием серы 0,2% и температурой вспышки  $40^{\circ}\text{C}$ ; **З-0,2-(-45)** – топливо зимнее с содержанием серы 0,2% и температурой застывания минус  $45^{\circ}\text{C}$ ; **А** – арктическое топливо с содержанием серы 0,4%.

Важнейшим показателем дизельного топлива является самовоспламеняемость. Самовоспламеняемость дизельного топлива оценивается цетановым числом (**ЦЧ**), а также характеризует легкость пуска, мягкость и экономичность работы двигателя.

В дизельном топливе содержатся парафиновые углеводороды, которые при высокой температуре находятся в растворенном состоянии, а низкой образуют микроскопические кристаллы твердых углеводородов. Низкотемпературные свойства оцениваются температурами помутнения и застывания.

**Температурой помутнения** называют температуру, при которой меняется фазовый состав топлива, так как в топливе появляются кристаллы парафиновых углеводородов. При помутнении текучесть дизельного топлива не меняется. Размеры кристаллов таковы, проходит через элементы фильтров грубой и тонкой очистки. При предельной температуре фильтрации их размеры увеличиваются, и кристаллы не проходят через элементы фильтров тонкой очистки, на которых образуется тонкая парафиновая пленка. Образовавшаяся пленка способна привести к нарушению подачи топлива при пуске и прогреве дизеля. Если топливо не содержит депрессорных присадок, то предельная температура фильтрации равна температуре помутнения или ниже ее на  $1...2^{\circ}\text{C}$ . Для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо, чтобы температура помутнения дизельного топлива была ниже температуры окружающего воздуха не менее чем на  $3...5^{\circ}\text{C}$ .

**Температурой застывания** называют такую температуру, при которой топливо полностью теряет подвижность. При температуре застывания микрокристаллы углеводородов сростаются и образуют пространственную структуру, которая придает топливу студнеобразный вид. Для обеспечения нормальной работы дизельного двигателя необходимо, чтобы температура застывания топлива была на  $8...12^{\circ}\text{C}$  ниже температуры окружающего воздуха.

Низкотемпературные свойства топлив можно улучшить путем удаления из него часть парафиновых углеводородов (депарафинизации). При этом можно получить топливо с заранее заданной температурой застывания. Однако следует помнить, при депарафинизации удаляются высокоцетановые компоненты – парафиновые углеводороды, т.е. снижается цетановое число дизельного топлива.

**Температурой вспышки** называют минимальную температуру, при которой пары топлива, нагреваемого 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 заправки.

Температура вспышки в закрытом тигле дизельных топлив должна быть не ниже: для летнего топлива (**Л**) – 40°C, зимнего (**З**) – 35°C, арктического (**А**) – 3°C.

### Вопросы для самопроверки

1. Основные требования, предъявляемые к качеству дизельных топлив?
2. Что такое динамическая и кинематическая вязкость? Их размерность и единицы измерения. Какое влияние оказывает вязкость дизельных топлив на работу быстроходных топлив?
3. Что называется цетановым числом и как оно определяется?
4. Какое влияние оказывает химический состав дизельного топлива на жесткость работы двигателя?
5. Причины нагарообразования в дизельных двигателях?
6. Как понимать газовую и жидкостную коррозию деталей двигателей?
7. Что называется температурой воспламенения и самовоспламенения?
8. Марки топлив для быстроходных дизелей.

### 1.4. Эксплуатационные свойства газообразных топлив

По происхождению горючие газы делят на природные и промышленные. **Природные газы** – газы газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений. **Промышленные газы** – газы, получаемые при различных видах переработки жидких и твердых полезных ископаемых, растительных веществ и биомасс. Основное количество тепла при сжигании газообразного топлива получается от сгорания метана ( $\text{CH}_4$ ) и тяжелых углеводородов ( $\text{C}_n\text{H}_m$ ), в которых количество углеродных атомов больше единицы, но меньше пяти.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве широко применяются как природные, так и промышленные газы. В двигателях внутреннего сгорания может использоваться как сжатый, так и сжиженный газы.

При работе двигателя на газообразном топливе (**ГТ**) отсутствует разжижение моторного масла остатками несгоревшего топлива, что снижает износ деталей, уменьшается интенсивность коррозии. Кроме того, **ГТ** обладает высокой детонационной стойкостью, их октановое число достигает 100 в ряде случаев и более единиц, двигатель может работать с более высокой степенью сжатия, а значит, экономичнее; с выделением меньшего количества токсичных компонентов

**Сжиженный газ.** Основные компоненты сжиженных газов – пропан, бутан или их смесь. Для двигателей по ГОСТ 27578-87 выпускают сжиженный газ марки **ПА** – пропан автомобильный и **ПБА** – пропан-бутан автомобильный. Газ марки **ПБА** предназначен для климатических районов при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20°C, а газ марки **ПА** рекомендуется к применению в температурном диапазоне от минус 20°C до минус 35°C. Кроме того по ГОСТ 20448-88 выпускают следующие марки сжиженных газов: **СПБТЗ** – смесь пропана и бутана техническая зимняя для коммунально-бытового потребления; **СПБТЛ** – смесь пропана и бутана техническая летняя для коммунально-бытового потребления; **БТ** – бутан технический для коммунально-бытового потребления и других целей.

**Сжатые газы.** Основные компоненты сжатых газов: метан, окись углерода и водорода. В сжатых газах могут находиться сернистые соединения ( $H_2S$ ), смолистые вещества, аммиак, окислы азота, что способствует повышению коррозии деталей двигателя. Газовое топливо хранят в баллонах емкостью по воде 50 л, рассчитанные на давление 20МПа. Батарея из восьми баллонов емкостью по 50 л. весит более 0.5 т. и снижает полезную грузоподъемность автомобиля.

**Биогаз** - газ, содержащий метан, образующийся в анаэробных микробиологических реакторах при сбраживании отходов жизнедеятельности животных (навоза). Содержание метана в биогазе достигает 70%. Биогаз можно использовать в любых тепловых установках, включая двигатели внутреннего сгорания.

### Вопросы для самопроверки

1. Преимущества и недостатки газообразного топлива.
2. Состав газообразного топлива.
3. Как осуществляется процесс газификации твердого топлива и где он применяется?
4. Как получают и используют биогаз?
5. Назовите перспективные экологически чистые виды топлива?

## Раздел 2. Смазочные материалы

### 2.1 Сведения о трении, износе и видах смазочных материалов

При взаимном перемещении соприкасающихся поверхностей работающих механизмов возникает трение – сопротивление перемещению одной поверхности относительно другой, в результате чего трущиеся детали изнашиваются. При этом работа сил трения превращается в теплоту, которая определяет тепловой режим работающего механизма. Для уменьшения затрат энергии на преодоление трения и снижения износа на трущихся поверхностях искусственно создаются **хемосорбированные** и **адсорбированные** пленки. **Хемосорбированные пленки** удерживаются на поверхности трения за счет химических сил, а **адсорбированные** — за счет молекулярных сил.

В зависимости от характера относительного перемещения деталей различают **трение скольжения** и **трение качения**. Кроме того, существует **статическое**



**трение** – сила, препятствующая началу движения, и **динамическое трение** – сила, возникающая при движении поверхностей.

Трение скольжения в зависимости от наличия и количества смазки на трущихся поверхностях может быть: **сухим, граничным и жидкостным**.

Для расчета минимальной толщины смазочного слоя в подшипнике профессором Петровым Н. П. предложена следующая формула:

$$F_{ж} = \eta v S / h,$$

где  $F_{ж}$  – сила жидкостного трения, Н;

$\eta$  – динамическая вязкость, Н·с/м<sup>2</sup>;

$v$  – относительная скорость перемещения трущихся поверхностей, м/с;

$S$  – площадь поверхности трения, м<sup>2</sup>;

$h$  – толщина масляного слоя, м.

Смазочные материалы могут быть **минеральными** (нефтяными), **органическими** (растительными или животными) и **синтетическими**.

Основную часть составляют (более 90%) минеральные смазочные материалы, которые получают путем переработки нефти. Товарное масло состоит из **базового масла** (основы) и присадок. Все базовые масла делятся на **дистиллятные, остаточные и смешанные**. **Дистиллятными маслами** – называют масла, полученные в результате вакуумной перегонки мазута и представленные легкими фракциями. **Остаточные масла** получают в результате разгонки гудрона. Основу масел получают, как правило, путем смешения дистиллятных и остаточных в различных соотношениях.

Наряду с минеральными маслами широкое распространение получили синтетические масла. Такие масла получают путем синтеза определенных групп углеводородов с введением ряда специальных присадок.

К смазочным материалам, работающих в различных механизмах, агрегатах предъявляются разнообразные и жесткие требования. Удовлетворить эти требования традиционными путями (подбором сырья, улучшения технологии переработки) не всегда возможно.

**Присадки** – это сложные органические или металлоорганические соединения, которые вводят в масло для улучшения их эксплуатационных свойств.

Присадки используют при производстве моторных, трансмиссионных, гидравлических масел и пластичных смазок.

Количество добавляемых присадок колеблется от сотых долей до 15 и более процентов. Присадки могут быть однофункциональными, многофункциональными и композиционными.

**Однофункциональные присадки** вводят в масло для придания одного определенного свойства. К этому виду присадок относятся, например, такие присадки как: моюще-диспергирующие, противоизносные и противозадирные, вязкостные, антиокислительные, противопенные, депрессорные, модификаторы трения (антифрикционные присадки) и т. п.

**Многофункциональные присадки** используют в случаях, когда маслу необходимо одновременно придать ряд эксплуатационных свойств. Эти присадки

состоят, как правило, из полимерных соединений высокой эффективности. С помощью этого типа присадок получают масла более высокого качества.

**Композиции и пакеты присадок.** Постоянно возрастающие требования к качеству масел привели к необходимости создания композиций многофункциональных присадок. При составлении композиций присадки не просто смешиваются, а химически взаимодействуют, в результате чего могут усиливаться старые или проявляться новые качества.

Пакеты присадок обычно содержат до 15 компонентов. Их вводят в масло в концентрации до 12 и более процентов. С помощью этого типа присадок удается получать высококачественные масла.

Основные функции смазочных масел в узлах и агрегатах машин – снижение трения между трущимися поверхностями деталей; снижение износа трущихся поверхностей и их заеданий; охлаждение деталей; дополнительное уплотнение поршневых колец; защита деталей от коррозии и загрязнения углеродистыми отложениями.

Процесс оценки качества смазочных материалов из четырех этапов: лабораторных исследований; испытаний на модельной установке и малоразмерных одноцилиндровых двигателях; стендовых испытаний на полноразмерных установках; эксплуатационных испытаний на машинах.

К эксплуатационным свойствам смазочных масел в первую очередь относятся смазывающие, моющие, термоокислительная стабильность, антиокислительные свойства и антикоррозионные.

Смазывающие свойства объединяют ряд свойств, влияющих на процессы трения и изнашивания трущихся поверхностей деталей. Например, антифрикционные, противоизносные и противозадирные свойства. Главным показателем смазывающих свойств является вязкость.

**Вязкость** – свойство жидкости оказывать сопротивление течению одного слоя жидкости относительно другого под действием внешней силы. Различают динамическую и кинематическую вязкости. 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 перемещающих с относительной скоростью 1 м/с.

Единица динамической вязкости в системе СИ – Паскаль-секунда (Па·с) На практике применяют миллипаскаль – секунда (мПа·с или 10<sup>-3</sup> Па·с), а также сантипуаз (1сП = 1мПа·с). Между динамической и кинематической вязкостью жидкости при одинаковых температурах существует следующая зависимость:

$$\eta_t = \nu_t \rho_t,$$

где  $\eta_t$  - динамическая вязкость, Па·с;

$\nu_t$  - кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;

$\rho_t$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

**Кинематическая вязкость** определяется скоростью истечения жидкости через калиброванное отверстие (капилляр) вязкозиметра под действием сил гравитации

тации. Размерность кинематической вязкости в системе СИ –  $\text{м}^2/\text{с}$ . На практике чаще всего применяют меньшую единицу –  $\text{мм}^2/\text{с}$  (или  $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ), а также сантистокс ( $1 \text{ сСт} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$ ).

Вязкость моторного масла находится в обратной зависимости от его температуры: с повышением температуры вязкость понижается, а с понижением – повышается. Чем меньше изменяется вязкость масла при температуре, тем лучше его пусковые свойства. Степень изменения вязкости масла от температуры оценивается индексом вязкости.

**Индекс вязкости (ИВ)** представляет собой относительную величину, которая показывает степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры по сравнению с эталонными маслами. При этом одно из эталонных масел характеризуется крутой вязкостно-температурной кривой. Индекс вязкости этого масла принимается за 0 ед. Второе эталонное масло характеризуется весьма пологой вязкостно-температурной кривой. Индекс вязкости этого масла принимается за 100 ед.

Стандартом ГОСТ 25371-82 установлены два метода расчета ИВ смазочных масел на основе их кинематической вязкости при  $40^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$ :

- метод А – для масел с ИВ менее 100 ед.;
- метод Б – для масел с ИВ 100 и более ед.

По методу А индекс вязкости испытуемого масла вычисляют по формуле:

$$\text{ИВ} = [(v - v_1)/(v - v_2)] \cdot 100,$$

где  $v$  – кинематическая вязкость масла при  $40^\circ\text{C}$  с индексом вязкости, равным 0 и имеющим при  $100^\circ\text{C}$  такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло, сСт;

$v_1$  – кинематическая вязкость испытуемого масла при  $40^\circ\text{C}$ , сСт;

$v_2$  – кинематическая вязкость масла при  $40^\circ\text{C}$  с индексом вязкости, равным 100 и имеющим при  $100^\circ\text{C}$  такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло, сСт.

Моторные масла, обладающие более высоким индексом вязкости, имеют лучшие эксплуатационные свойства.

Для повышения индекса вязкости в масла добавляют вязкостные присадки. Масло, содержащее вязкостную присадку, называют загущенными.

Загущенные масла обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами, обеспечивают легкий и быстрый пуск двигателя в холодное время года и обеспечивают минимальные потери мощности на трение.

**Термоокислительная стабильность** – показатель, оценивающий склонность масла к лако- и нагарообразованию. При нормальных условиях минеральные масла практически не окисляются. Окислительные процессы начинаются с температуры масла  $50$ – $60^\circ\text{C}$ . При нагревании до температур  $250^\circ\text{C}$  процесс окисления протекает весьма интенсивно. В результате окисления и термического распада масел в них появляются новые соединения: нейтральные продукты в виде смолистых веществ, асфальтенов, карбенов и других глубокого окисления, а также кислые вещества в виде органических кислот и т.п. В результате меняется не только внешний вид масла (темнеет), но и его физико-химические свойства. Из-за

наличия продуктов с высокой молекулярной массой, возрастает вязкость, выпадают осадки, вызывающие образование лаков и нагаров на поршнях и кольцах, отложения в картере.

В стандартах склонность масла к окислению при высокой температуре и образованию отложений оценивают термоокислительной стабильностью. Чем она выше, тем лучше качество моторного масла.

**Термоокислительная стабильность** моторного масла выражается временем (в минутах), в течение которого испытуемое масло при температуре 250°C превращается в остаток, состоящий из 50% рабочей фракции и 50% лака.

**Моюще-диспергирующие свойства** моторного масла – способность масла уменьшать образование углеродистых отложений и осадков на деталях двигателя и поддерживать продукты загрязнения во взвешенном состоянии.

Необходимый уровень моющих свойств моторных масел получают путем добавления к ним специальных (моющих) присадок, количество которых составляет 50...70% от общего количества присадок, предназначенных для улучшения качества моторных масел. Моющая присадка предупреждает образование лака на деталях двигателей. Диспергирующая часть присадки способствует тонкому измельчению твердых нагарообразующих частиц, накапливающихся в моторных маслах при работе двигателя.

Применяемые в настоящее время моюще-диспергирующие присадки разделяют на металлосодержащие и беззольные. Как правило, моторные масла высокого качества для поршневых двигателей включают в свой состав одну – две зольные моющие присадки и одну беззольную.

**Антикоррозионные свойства** масел обусловлены присутствием минеральных кислот и щелочей, органических кислот, активных сернистых соединений и оксидов серы.

Содержание органических кислот в маслах строго ограничено и оценивается кислотным числом. Кислотное число – это количество миллиграммов щелочи (**КОН**), необходимое для нейтрализации кислот, содержащихся в 1г масла. Однако не все кислые продукты, содержащиеся в масле, одинаковы по агрессивности. Поэтому при оценки эксплуатационных свойств масла важно знать не общее содержание кислот и кислых продуктов, а то действие, которое они оказывают на детали двигателя, то есть коррозионные свойства масла.

При коррозии на рабочих поверхностях появляются шероховатые точки и пятна, небольшие раковины, уходящие в глубь материала, трещины и т. п. Улучшают антикоррозионные свойства масла путем введения специальных присадок, содержащих в своем составе щелочноземельные металлы, или присадок, образующих на поверхности металла защитные пленки.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как определяется и в каких единицах измеряется кинематическая и динамическая вязкость масла?
2. Что такое индекс вязкости и как его определяют?

3. В чем сущность процесса окисления масел? Какие факторы влияют на процесс окисления?
4. Что такое термоокислительная стабильность масел и как она определяется?
5. От каких факторов зависят коррозионные свойства масел?
6. Как определяется коррозионность масла?
7. Что такое трение и его классификация?
8. Какие существуют режимы трения и их характеристика?
9. Как рассчитать минимальную толщину масляного слоя?
10. Дайте краткую характеристику видам изнашивания?
11. Перечислите характерные виды изнашивания?
12. Зачем и как на трущихся поверхностях создаются хемосорбированные и адсорбированные пленки?
13. Требования, предъявляемые к смазочным материалам?
14. Что такое присадки, виды присадок и требования предъявляемые к ним?
15. Какова роль композиций присадок к маслам?
16. Как работают моюще-диспергирующие, вязкостные, противоизносные и противозадирные присадки, и в каких случаях они используются?

## **2.2. Эксплуатационные свойства моторных масел**

**Классификация моторных масел** осуществляется в соответствии с ГОСТ 17479.1-85 по вязкости и по эксплуатационным свойствам (уровню качества).

По вязкости летние и зимние масла делятся на семь классов ( 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20), а всесезонные (загущенные) на десять классов (3<sub>з</sub>/8; 4<sub>з</sub>/6; 4<sub>з</sub>/8; 4<sub>з</sub>/10; 5<sub>з</sub>/10; 5<sub>з</sub>/12; 5<sub>з</sub>/14; 6<sub>з</sub>/10; 6<sub>з</sub>/14; 6<sub>з</sub>/16). Считается, что масла с вязкостью 6...8 мм<sup>2</sup>/с относятся к зимним.

Класс вязкости для летних и зимних масел обозначает их вязкость в мм<sup>2</sup>/с (сСт) при 100°С. Для всесезонных масел класс вязкости обозначается дробью, в которой числитель отражает условную вязкость масла при температуре минус 18°С (цифрами от 3 до 6), а знаменатель – вязкость в мм<sup>2</sup>/с при 100°С. Цифра (3) условно обозначает вязкость, находящуюся в пределах 1200...1400 мм<sup>2</sup>/с, цифра (4) – 2400...2600 мм<sup>2</sup>/с, цифра (5) – 5600...6000 мм<sup>2</sup>/с, а цифра (6) – вязкость 10000...10600 мм<sup>2</sup>/с. Буква (з), стоящая у основания цифры, указывает на присутствие в масле загущающей присадки. По эксплуатационным свойствам (уровню качества) все моторные масла обозначаются буквами русского алфавита, начиная с буквы (А):

- А** – для нефорсированных карбюраторных двигателей;
- Б** – для малофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей;
- В** – для среднефорсированных карбюраторных и дизельных двигателей;
- Г** – для высокофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей;
- Д** – для высокофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей, работающих в более тяжелых условиях, чем масла группы Г;

**Е** - для высокофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей, работающих в более тяжелых условиях, чем группа Д и т. д.

Цифра **(1)**, стоящая у основания буквы, обозначающей группу, указывает на применение масла в карбюраторном двигателе, а цифра **(2)** – в дизельном. Отсутствие цифрового индекса у основания буквы указывает на универсальное масло, которое можно использовать как в карбюраторном двигателе, так и в дизельном.

Например, масло марки **М-10-В<sub>2</sub>** расшифровывается следующим образом: буква **(М)** –масло моторное, цифра **(10)** - вязкость при 100°С в сСт, буква **(В)** с индексом **(2)** - предназначено для среднефорсированных дизелей. В марке масла **М-6<sub>з</sub>/10-Г<sub>1</sub>** цифра **(6)** обозначает условную вязкость масла при минус 18°С, которой соответствует кинематическая вязкость 10000...10600 мм<sup>2</sup>/с, буква **(з)** указывает на наличие загущающей (вязкостной) присадки, число **(10)** – на вязкость при 100°С в сСт, буква **(Г)** с индексом **(1)** – на принадлежность масла к группе, которая предназначена для высокофорсированных карбюраторных двигателей. В марке **М-4<sub>з</sub>/8-В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub>** буквы **В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub>** указывают на возможность использования масла как в среднефорсированных дизельных (**В<sub>2</sub>**), так и в высокофорсированных бензиновых (**Г<sub>1</sub>**) двигателях. Масла **М-8-Г<sub>2</sub>к** и **М-10-Г<sub>2</sub>к** предназначены для современных высокофорсированных двигателей, буква **(к)** указывает на использовании композиции присадок. Это масло считается более качественным по сравнению с другими данной группы и рекомендуется к использованию в двигателях ЯМЗ-740 автомобилей КАМАЗ и в двигателях ЯМЗ-240 тракторов К-701. В таблицах 3.1., 3.2., и 3.3. приведены марки отечественных моторных масел и основные их характеристики.

#### Международная система маркировки моторных масел

Качественный уровень масла оценивается по квалификационной системе, разработанной Американским нефтяным институтом – сокращенно **API**. Буквы **API** на этикетке предшествуют символам класса качества. Качество масла – это комплекс свойств, который необходим для выполнения работы масла по назначению. По системе **API** установлены три ряда деления моторного масла по назначению (качественному уровню):

**S** - ряд моторных масел для бензиновых двигателей.

**C** – ряд моторных масел для дизельных двигателей.

**ЕС** – новый ряд энергосберегающих моторных масел, уменьшающих расход топлива.

**Таблица 3.1. Основные характеристики универсальных масел**

№ п/п	Показатель	М-8-В	М-6 <sub>з</sub> /10-В
1	Кинематическая вязкость при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	7,5...8,5	9,5...10,5
2	Индекс вязкости	93	120

3	Щелочное число, мг КОН/г, не менее	4,2	5,5
4	Зольность сульфатная, %, не более: механических примесей воды	0,015 следы	0,02 следы
5	Температура застывания, °С, не выше	-25	-30
6	Температура вспышки, °С, не ниже	207	190

## Ассортимент моторных масел

**Таблица 3.2. Основные характеристики моторных масел для дизелей**

№ п/п	Показатель	М-8-Г <sub>2</sub>	М-8-Г <sub>2к</sub>	М-10-Г <sub>2</sub>	М-10-Г <sub>2к</sub>	М-8-Д <sub>2м</sub>	М-10-Д <sub>2м</sub>
1	Кинематическая вязкость при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	8±	8±	11±	11±	8...8,5	≥11,4
2	Индекс вязкости	85	95	85	95	102	90
3	Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6	6	6	6	8,5	8,2
4	Зольность сульфатная, % не более	1,65	1,15	1,65	1,15	1,5	1,5
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	-	-
6	Массовая доля, %, не более: механических примесей воды	0,015 следы	0,015 следы	0,015 следы	0,015 следы	0,02 следы	0,025 следы
7	Температура застывания, °С, не выше	-25	-30	-15	-18	-30	-18
8	Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	210	205	220	095	220



**Таблица 3.3. Основные характеристики моторных масел для бензиновых двигателей**

<b>№ п/п</b>	<b>Показатель</b>	<b>М-8-В<sub>1</sub></b>	<b>М-10-В<sub>1</sub></b>	<b>М-4/6-В<sub>1</sub></b>	<b>М-5/10-Г<sub>1</sub></b>	<b>М-6/12-Г<sub>1</sub></b>
1	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре: 100°С -18°С -30°С	7,5...8 - -	10±0,5 - -	5,5...6,5 ≤2600 ≤11000	10...11 - -	≥12 ≥10400 -
2	Динамическая вязкость при 18°С, мПа·с, не более	-	-	-	2300	4500
3	Индекс вязкости, не менее	90	85	125	120	115
4	Щелочное число, мг КОН/г, не менее	4,0	3,5	5,5	5	7,5
5	Зольность сульфатная, %, не более	1,3	1,3	1,3	0,9	1,3
6	Массовая доля, %, не более: механических примесей воды	0,015 следы	0,015 следы	0,02 следы	0,015 следы	0,015 следы
7	Содержание активных элементов, %, не менее: цинка кальция	0,09 0,16	0,05 0,08	- -	0,12 0,20	0,10 0,23
8	Температура застывания, °С, не выше	-25	-15	-42	-38	-30
9	Температура вспышки, °С, не ниже	200	205	165	200	210

Ступени качественного уровня обозначаются латинскими буквами, начиная от (А) и далее по алфавиту, при этом масла уровня (А) и (В) сняты с производства, как устаревшие.

Универсальные масла для бензиновых и для дизельных двигателей обозначают двумя символами соответствующего ряда: первый символ является основным, а второй указывает на возможность применения этого масла для двигателей другого типа. Например, **API CG/SH** масло предназначено для дизельных двигателей, но его можно использовать и для бензиновых двигателей.

Вязкость масла определяется и указывается по спецификации **SAE J300**. **SAE** – это аббревиатура «Общества автомобильных инженеров США». Согласно спецификации существуют два ряда степеней вязкости: зимний – с буквой «**W** – winter» и летний – без буквенного обозначения.

Стандартные ряды вязкости:

- зимний ряд: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;
- летний ряд: SAE 20, 30, 40, 50, 60.

Всесезонные масла состоят из комбинации зимнего и летнего ряда разделенных знаком «тире» (например, **SAE 10W-40**). Другие виды записи являются неверными (например, **SAE 10W/40** или **SAE10W40**).

В период работы любой машины свойства моторного масла изменяются: происходит загрязнение его механическими примесями, водой, продуктами износа деталей, продуктами окисления масла и продуктами неполного сгорания топлива. Кроме того просадки, введенные в масло, при работе двигателя срабатываются, и масло постепенно утрачивает свои первоначальные свойства. Под срабатываемостью присадок следует понимать уменьшение их концентрации в масле в результате разложения, взаимодействия с продуктами горения топлива и окисления масла, взаимодействия с трущимися поверхностями и частичного улавливания фильтрующими элементами. Срабатывание присадок приводит к изменению многих свойств масла: снижается щелочное число, ухудшаются моющие свойства, повышается уровень коррозионности и т. п.

В процессе работы двигателя моторное масло подвергается интенсивным тепловым и механическим нагрузкам. В результате чего происходят изменения физико-химических свойств и эксплуатационных показателей моторных масел, (**масло стареет**), однако, глубина этих изменений может быть различной. Интенсивность процесса старения масла определяется условиями работы, качеством применяемого масла, различной теплонапряженностью двигателей кратностью циркуляции масла и т.п.

В качестве критерия для комплексной оценки условий работы моторного масла в двигателе предлагается оценочный показатель – коэффициент напряженности работы масла в двигателе ( $\Phi_m$ ):

$$\Phi_m = N_e / Q_m,$$

$N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт;

$Q_m$  – подача масляного насоса, л/мин.

Коэффициент  $\Phi_m$  учитывает основные условия работы масла в двигателе – среднее эффективное давление в цилиндре, частоту вращения коленчатого вала, тактность двигателя, количество теплоты, выделяемой при сгорании топлива, кратность циркуляции масла.

В процессе эксплуатации кинематическая вязкость моторного масла возрастает в результате испарения легких фракций масла и накопления продуктов окисления на  $2,5 \dots 3,5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $100^\circ\text{C}$ . В ряде случаев может наблюдаться уменьшение вязкости при попадании в масло топлива, а также в результате деструкции полимерной (вязкостной) присадки в загущенных маслах.

При испарении легких фракций повышается температура вспышки масла. Считается, что температура вспышки может повышаться не более, чем на  $20^\circ\text{C}$ . Снижение температуры вспышки указывает на неисправность топливной аппаратуры.

По мере работы масла снижается щелочное число, которое характеризует его моющие свойства. Щелочное число для карбюраторного двигателя не может быть ниже  $0,5 \dots 2,0 \text{ мг КОН/г масла}$ , а для дизельного –  $1,0 \dots 3,0 \text{ мг КОН/г масла}$ .

В период работы двигателя идет интенсивное нарастание содержания механических примесей (пыль, нагар, продукты износа) в масле. Общее количество примесей не должно превышать  $4 \dots 6\%$ .

Несмотря на глубокие изменения качества моторного масла в процессе работы его основной углеводородный состав меняется незначительно. После удаления механических примесей и продуктов окисления, а также введения соответствующих присадок масло считается восстановленным.

При эксплуатации автотракторной техники принята регламентная система технического обслуживания машин, которая предписывает производить замену моторных масел через определенное время. Для грузовых и легковых автомобилей этот срок определяют количеством пройденных километров, а для тракторов, строительных и мелиоративных машин – числом отработанных моточасов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как оценивается напряженность работы моторного масла?
2. Как изменяются основные показатели моторного масла в процессе работы двигателя?
3. В чем заключается процесс старения масла?
4. Каков срок службы моторного масла и чем он определяется?
5. Как понимать полное и частичное освежение моторного масла?
6. Роль маслоочистительных устройств в поддержании качественного уровня моторного масла?
7. Как оценивается техническое состояние и ресурс двигателя по накоплению в моторном масле продуктов износа?
8. Какие эксплуатационные требования предъявляются к моторным маслам?
9. Классификации моторных масел?
10. Зарубежная классификация моторных масел?
11. По какому принципу делят моторные масла на летние, зимние и всесезонные?

### 2.3. Эксплуатационные свойства трансмиссионных масел

В сельскохозяйственном производстве, кроме моторных масел, широко используются трансмиссионные, гидравлические, промышленные, трансформаторные масла, масла для гидравлических передач. Компрессионные, приборные и другие масла имеют ограниченное применение.

**Трансмиссионные масла** применяют для смазывания агрегатов трансмиссий автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и т.п. Передача энергии от двигателя к рабочим органам может осуществляться механическими передачами, гидромеханическими или гидрообъемными. Наибольшее распространение на данный момент получили механические передачи.

Механические передачи представляют собой цилиндрические, конические, червячные, гипоидные и т. п. зубчатые передачи. Зубчатые передачи работают при больших удельных нагрузках, достигающих в ряде случаев 4000 МПа. Максимальная температура масла в зоне контакта зубьев шестерен может достигать 200...250°C и более. Средняя скорость скольжения в цилиндрических и конических составляет от 1,5 до 12 м/с. Для гипоидных передач скорость скольжения может достигать 15 м/с и более, а для червячных редукторов до 25 м/с. Поэтому трансмиссионные масла должны иметь высокие эксплуатационные свойства – противоизносные и противозадирные, вязкостно-температурные, противокоррозионные.

Противоизносные и противозадирные свойства трансмиссионных масел является основной их характеристикой. Они обеспечиваются наличием на трущихся поверхностях **хемосорбированной (модифицированный слой) и адсорбированной пленки**. Первая пленка образуется за счет химических сил в результате взаимодействия химически активных элементов (сера, фосфор, хлор), входящих в состав присадки, а вторая – за счет сил межмолекулярного взаимодействия адсорбированный на поверхности трения масляной пленки.

Все трансмиссионные масла классифицируются по вязкости и эксплуатационным свойствам в соответствии с ГОСТ 17479.2-85.

**Таблица 3.4. Классификация трансмиссионных масел по вязкости**

<b>Класс вязкости</b>	<b>Кинематическая вязкость при температуре 100°C, мм<sup>2</sup>/с, в пределах</b>	<b>Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150Па·с, °C не выше</b>
6	-	-55
9	6,00...10,99	-45
12	11,00...13,99	-35
18	14,00...24,99	-18
34	25,00...41,00	-
43	42,00...	-

В зависимости от значения кинематической вязкости при 100°C трансмиссионные масла делят на шесть классов (таблица 3.4.).

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100°C и отрицательная температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с. При данной вязкости еще гарантируется надежная работа сборочных единиц трансмиссий.

Масла, относящиеся к классу вязкости (6), рекомендуется применять в условиях Арктики, (9) - в условиях Севера, а (43) - в тропических условиях.

По эксплуатационным свойствам и возможным областям применения трансмиссионные масла делят на пять групп: ТМ-1...ТМ-5 (таблица 3.5.).

Например обозначения трансмиссионного масла: **ТМ-5-18**, где **ТМ** – трансмиссионное масло; **5** – группа масла с противозадирными присадками высокой эффективности для гипоидных передач; **18** – класс вязкости.

**Таблица 3.5. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85**

<b>Группа масел по эксплуатационным свойствам</b>	<b>Состав масел</b>	<b>Рекомендуемая область применения</b>
ТМ-1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 мПа и температуре масла в объеме до 90°C
ТМ-2	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	То же, при контактных напряжениях до 2100 мПа и температуре масла в объеме до 130°C
ТМ-3	Минеральные масла с противозадирными присадками средней эффективности	То же, при контактных напряжениях до 2500 мПа и температурах масла в объеме до 150°C
ТМ-4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	То же и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 мПа и температурах масла в объеме до 150°C
ТМ-5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 мПа и температуре масла в объеме до 150°C

### Зарубежная классификация трансмиссионных масел

За рубежом наиболее широкое распространение получила классификация трансмиссионных масел, разработанная в США по классу качества **API** и классу вязкости **SAE**. вязкости SAE70W...85W предназначены для эксплуатации в зимнее время; масла классов SAE80...250 применяют в летний период эксплуатации.

**Таблица 3.6. Классы вязкости трансмиссионных масел по классификации SAE**

Класс вязкости	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 мПа·с, °C	Кинематическая вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	
		минимальная	максимальная
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,2	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
80	-	7,0	<11
85	-	11,0	<13,5
90	-	13,5	<24
140	-	24,0	<41
250	-	41,0	-

Все зарубежные масла наряду с маркировкой по API и SAE имеют так же по аналогии с отечественными маслами товарную маркировку.

По классу качества все трансмиссионные масла разбиты на шесть категорий в зависимости от конструкционных особенностей трансмиссий, условий их эксплуатации и содержания присадок (таблица 3.7.). По вязкости трансмиссионные масла делят на семь классов. Масла первых четырех классов считаются зимними. Классификация трансмиссионных масел по вязкости и их характеристика представлена в таблице 3.6. Низкотемпературная область применения масел так же ограничена минимальной температурой, при которой вязкость масла становится равной 150Па·с.

Эта вязкость и для зарубежных марок считается предельной, при которой сохраняются шестерни, подшипники, узлы и агрегаты трансмиссий от повреждений из-за недостаточной текучести масла.

Примеры обозначения трансмиссионных масел по **API** и **SAE**:

1. **Норси API GL-5, SAE 85W-90**, где **Норси** – название фирмы, **GL** – масло трансмиссионное, **5** – категория вязкости масла, **85W** – вязкость при низкой температуре, **90** – вязкость при 100°C.
2. **Тейбол API CD/SF, GL-4, SAE10W-30** – универсальное масло, которое применяется в двигателях (карбюраторных и дизельных) и в трансмиссиях.

**Таблица 3.7. Категории трансмиссионных масел по классификации API**

<b>Категория масла по API</b>	<b>Состав масла</b>	<b>Условия эксплуатации</b>	<b>Область применения</b>
GL-1	Без присадок или с депрессорной и антипенной присадками	Относительно мягкие с невысокими нагрузками и скоростями скольжения	Механические коробки передач грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин
GL-2	То же, что для категории GL-1. Дополнительно может входить антифрикционная присадка	Умеренные по нагрузкам и скоростям скольжения	Червячные передачи транспортных средств; в качестве добавки к индустриальным трансмиссионным маслам
GL-3	Со слабо эффективной противоздирной присадкой	Умеренно-жесткие со средними нагрузками и скоростями скольжения	Механические коробки передач грузовых автомобилей; спирально-конические передачи задних мостов
GL-4	С противоздирной присадкой средней эффективности	Тяжелые по нагрузкам и скоростям скольжения	Механические коробки передач легковых автомобилей; спирально-конические передачи задних мостов
GL-5	С высокоэффективными противоздирными и противоизносными присадками	Очень тяжелые по нагрузкам и скоростям скольжения, включая ударные нагрузки в гипоидной передаче	Гипоидные передачи легковых и грузовых автомобилей
GL-6	С большим количеством серо-фосфоросодержащей присадки	Для гипоидных передач с высоким крутящим моментом, большими скоростями скольжения	Гипоидные передачи ведущих мостов, характеризующиеся большим сдвигом осей (более 50 мм)

**Гидравлические масла** (рабочие жидкости). Основная функция рабочих жидкостей предназначенных для гидравлических систем – передача механической энергии от ее источника к месту потребления с возможностью изменения величины или направления приложенной силы.

Система обозначения состоит из буквенного индекса (**МГ**) (минеральное гидравлическое), цифры, характеризующей класс вязкости при 40°C и букв, указывающих на принадлежность масла к той или иной группе. По эксплуатационным свойствам все гидравлические масла делят на три группы.

Группа (**А**) – нефтяное масло без присадок. Предназначено для малонагруженных гидросистем с шестеренными или поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме до 80°C.

Группа (**Б**) – масло с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначено для средненапряженных гидросистем с различными типами насосов, работающими при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 80°C.

Группа (**В**) – хорошо очищенное масло с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначено для гидросистем, которые работают при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 80°C.

По ГОСТ 17479.3-85 гидравлические масла делятся по значению вязкости при 40°C на 10 классов (таблица 3.8.).

Ассортимент отечественных гидравлических масел представлен в в таблице 3.9.

**Компрессорные масла.** В зависимости от предъявляемых требований и областей применения компрессорные масла подразделяют на три класса: для поршневых и ротационных компрессоров, для турбокомпрессоров и компрессоров холодильных машин.

**Таблица 3.8. Классы вязкости гидравлических масел**

<b>Класс вязкости</b>	<b>Кинематическая вязкость при 40°C, мм<sup>2</sup>/с</b>	<b>Класс вязкости</b>	<b>Кинематическая вязкость при 40°C, мм<sup>2</sup>/с</b>
5	4,14...5,06	32	28,80...35,20
7	6,12...7,48	46	41,40...50,60
10	9,0...11,00	68	61,20...74,80
15	13,50...16,50	100	90,00...110,00
22	19,80...24,20	150	135,00...165,00



**Таблица 3.9. Ассортимент отечественных гидравлических масел**

<b>Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85</b>	<b>Товарная марка</b>	<b>Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85</b>	<b>Товарная марка</b>
МГ-5-Б	МГЕ-4А, ЛЗ-МГ-2	МГ-22-В	«Р»
МГ-7-Б	МГ-7-Б, РМ	МГ-22-В	«ЭШ»
МГ-10-Б	МГ-10-Б, РМЦ	МГ-32-В	«А», МГТ
МГ-15-Б	АМГ-10	МГ-46-В	МГЕ-46-В
МГ-15-В	МГЕ-10А,	МГ-68-В	МГ-8А
МГ-22-А	АУ	МГ-100-Б	ГЖД-14С
МГ-22-Б	АУП	-	-

Компрессорные масла подразделяют на четыре группы:

1 – для компрессоров, работающих при умеренных режимах сжатия газа и температуре нагнетания ниже 160°С;

2 – то же, при температуре нагнетания ниже 180°С;

3 – для компрессоров, работающих в тяжелых условиях при температуре нагнетания выше 200°С;

4 – для компрессоров высокого давления, работающих в особо тяжелых условиях при температуре нагнетания выше 200°С.

Пример обозначения ряда марок компрессорных масел: **К-19, КС-19п, К-3-10**, где **К** – компрессорное масло, **С** – получено из сернистых нефтей, **19, 10** – кинематическая вязкость при 100°С, **п** – наличие присадки. Группу масла указывают цифрой после буквы **К** (например, **К-3-10**). В маслах относящихся к первой группе цифра не указывается.

**Индустриальные масла** предназначены для обеспечения работоспособности промышленного оборудования, контрольно-измерительных приборов, металлорежущих станков, сепараторов и многих других машин. Для индустриальных масел характерна невысокая рабочая температура (практически не более 50°С). В тоже время масло должно обеспечить работоспособность машин и механизмов в широком температурном диапазоне от минус 50°С до 50°С.

**Таблица 3.10. Группы индустриальных масел по назначению**

<b>Группа</b>	<b>Соответствие группы по ISO 6743/0-81</b>	<b>Область применения</b>
Л	Ф	Легко нагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	Н	Гидравлические системы
Н	Г	Направляющие скольжения
Т	С	Тяжело нагруженные узлы (зубчатые передачи)

**Таблица 3.11. Подгруппы промышленных масел**

<b>Подгруппа</b>	<b>Состав, условия применения и рекомендуемая область применения</b>
А	Масло без присадок; по условиям работы оборудования не предъявляются особые требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масла.
В	Масло с антиокислительными и антикоррозионными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масло типа В с противоизносными присадками для оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которые предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Д	Масла типа С с противоизносными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Е	Масла типа Д с противоизносными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масла

Обозначение промышленных масел включает ряд букв и цифр, разделенным между собой дефисом.

Первая буква (И) обозначает принадлежность масла к группе промышленных масел, вторая прописная буква характеризует его назначение, третья прописная буква – эксплуатационные свойства и четвертая цифра характеризует класс по кинематической вязкости.

**Таблица 3.12. Классы вязкости промышленных масел**

<b>Класс вязкости</b>	<b>Вязкость при 40°C, мм<sup>2</sup>/с</b>	<b>Класс вязкости</b>	<b>Вязкость при 40°C, мм<sup>2</sup>/с</b>
2	1,9...2,5	68	61...75
3	3,0...3,5	100	90...110
5	4,0...5,0	150	135...165
7	6,0...8,0	220	198...242
10	9,0...11,0	320	288...352
15	13,0...17,0	460	414...506
22	19,0...25,0	680	612...748
32	29,0...35,0	1000	900...1100
46	41,0...51,0	1500	1350...1650

По назначению и эксплуатационным свойствам индустриальные масла делят на группы и подгруппы (таблицы 3.10. и 3.11.). В зависимости от кинематической вязкости при 40°C индустриальные масла делят на 18 классов (таблица 3.12.)

Пример обозначения индустриального масла **И-Г-С-46**, где (**И**) - индустриальное масло, (**Г**) – предназначено для гидравлических систем (группа масла), (**С**) – эксплуатационные свойства масел (подгруппа качества), (**46**) – класс вязкости мм<sup>2</sup>/с при 40°C.

**Масла для компрессоров холодильных машин.** В холодильных машинах смазывающий материал непрерывно контактирует с хладагентом при постоянно изменяющейся температуре и давлении среды.

Масла для холодильных машин делят на две группы: **ХА** – для компрессоров, работающих на аммиаке или углекислоте; **ХФ** – для компрессоров, работающих на фреонах. Обычно применяют фреоны двух марок **Ф-12** и **Ф-22**.

Для компрессоров холодильных машин выпускают следующие масла:

**ХА-30** – смесь остаточного и дистиллятного минеральных масел;

**ХФ12-16** – минеральное масло с антиокислительной присадкой;

**ХФ22-24** – минеральное загущенное масло;

**ХФ22С-16** – синтетическое масло с антиокислительной присадкой.

Пример обозначения марки масла для компрессоров холодильных машин:

**ХА-30**, где (**Х**) – холодильное, (**А**) – аммиак, (**30**) – кинематическая вязкость в мм<sup>2</sup>/с при 40°C.

**ХФ12-16**, где (**Ф12**) – марка фреона, (**16**) – кинематическая вязкость в мм<sup>2</sup>/с при 40°C.

**ХФ22С-16**, где (**Ф22**) – марка фреона, (**С**) – синтетическое масло.

### Вопросы для самопроверки

1. Назначение и классификация гидравлических масел?
2. Назначение и обозначение компрессорных масел?
3. Свойства, применение и классификация индустриальных масел?
3. Требования, предъявляемые к маслам для холодильных машин и их классификация?
4. Условия работы трансмиссионных масел?
5. Какие требования предъявляются к трансмиссионным маслам?
6. Классификация трансмиссионных масел?
7. Как работает противоизносная и противозадирная присадка?
8. Какими свойствами должны обладать смазки, предназначенные для гипоидных передач?

### 2.4. Эксплуатационные свойства пластичных смазок

В сельскохозяйственном производстве в большом количестве используются мазеобразные продукты – пластичные смазки.

**Пластичная смазка** – это трехкомпонентные коллоидные системы, содержащие жидкую основу (дисперсионную среду) 70...90%, загустители (дисперси-

онную фазу) 10...15%, модификаторы структуры и добавки – присадки, наполнители (1...15%).

В качестве дисперсионной среды применяют масла нефтяного (до 97%) и синтетического происхождения. Наиболее часто используют индустриальные масла с вязкостью 15...20сСт при рабочей температуре 40°C.

Загустители (дисперсионная фаза) могут быть мыльными и не мыльными. К мыльным загустителям относятся соли натуральных или жирных синтетических кислот: кальциевые, литиевые, натриевые, бариевые, алюминиевые, цинковые, свинцовые и др. К не мыльным загустителям относятся твердые углеводороды – парафины, церезины, воски, озокериты и подобные им продукты.

В качестве присадок используют известные ранее присадки, используемые для получения моторных и трансмиссионных масел.

Наполнители – это высокодисперсные, нерастворимые в маслах вещества, улучшающие их эксплуатационные свойства. Чаще всего используют наполнители с низким коэффициентом трения: графит, дисульфид молибдена, тальк, слюду, нитрат бора, асбест, полимеры, оксиды и комплексные соединения металлов и т. п.

**Классификация пластичных смазок.** В марке пластичной смазки указывается назначение, тип загустителя, температурный интервал применения, дисперсионную среду (жидкая основа) и добавки, консистенцию – число пенетрации.

В соответствии с ГОСТ 23258-78 пластичные смазки делятся на четыре группы: антифрикционные, консервационные, канатные, уплотнительные. В свою очередь группа антифрикционных смазок делится на ряд подгрупп, которые обозначаются прописными буквами русского алфавита: **С** – общего назначения для нормальных температур; **О** – общего назначения для повышенных температур; **М** – многоцелевая; **Ж** – термостойкие; **Н** – морозостойкие; **И** – противозадирные; **Х** – химически стойкие; **П** – приборные; **Т** – редукторные; **Д** – прирабочные; **У** – узкоспециализированные; **Б** – брикетные.

Комплексное мыло обозначают строчной буквой (**к**), после которой указывают индекс соответствующего мыла, например: **кЛи, кБа**.

Смесь двух и более загустителей обозначают составными индексами: **Ка-На, Ли-Ба** и т.д., причем на первом месте ставят индекс загустителя, который входит в состав смазки в большом количестве (таблица 3.13.). Индексы **М, О, Н**, которые обозначают тип загустителя (мыло, органические и неорганические вещества), ставят в случаях, когда тип дисперсионной фазы не предусмотрен перечнем. Тип дисперсионной среды обозначают строчными буквами: нефтяное масло – **н**, синтетические углеводороды – **у**, сложные эфиры – **э** и т. д. При изготовлении смазок на нефтяной масле индекс «**н**» не указывают. Наличие твердых добавок обозначают также строчными буквами – индексами: графит – **г**, дисульфид молибдена – **д** и т.д. (таблица 3.14.).

Температурный диапазон применения обозначают дробью, где величины температуры уменьшены в 10 раз: в числителе – нижний предел применения без знака минус, а в знаменателе – верхний.

**Таблица 3.13. Индексы типа загустителя**

Загуститель	Индекс	Загуститель	Индекс
<b>Мыло:</b>	<b>М</b>	<b>Органические вещества:</b>	<b>О</b>
алюминиевое;	АЛ	пигменты;	Пг
бариевое;	Ба	полимеры;	Пм
кальциевое;	Ка	уреаты;	Ур
литиевое;	Ли	фторуглеводы;	Фу
натриевое;	На	<b>Нерганические вещества:</b>	<b>Н</b>
свинцовые;	Св	глины (бентонитовые);	Би
цинковое;	Цн	силикагель;	Си
комплексное	к	сажа	Сж
<b>Смесь мыл</b>	<b>М1-М2</b>	<b>Углеводороды твердые</b>	<b>Т</b>

Пример обозначения смазки и его расшифровка. Смазка **УНа 3/12э-3:** где (**У**) – узкоспециализированная смазка; (**На**) – загущена натриевым мылом; (**3/12**) – работоспособна в диапазоне температур от минус 30 до плюс 120°C; (**э**) – приготовлена на сложном эфире; (**3**) – число пенетрации (густота) 220...250 при 25°C.

**Таблица 3.14. Индексы дисперсионных сред и твердых добавок, входящих в состав пластичных смазок**

Дисперсионная среда	Индекс
<b>Наполнитель</b>	
Нефтяное масло	н
Синтетические углеводороды	у
Кремний органические жидкости	к
Сложные эфиры	э
Галогенуглеродные жидкости	ж
Фторсилоксаны	ф
Перфторалкилполуэфир	а
Прочие масла и жидкости	п
<b>Твердые добавки</b>	
Графит	г
Дисульфид молибдена	д
Порошки:	
свинца;	с
меди;	м
цинка	ц
Прочие твердые добавки	т

**Таблица 3.15. Классификация пластичных смазок по консистенции**

<b>Пенетрация при 25°С, 10<sup>-1</sup> мм</b>	<b>Индекс класса пенетрации</b>	<b>Пенетрация при 25°С, 10<sup>-1</sup> мм</b>	<b>Индекс класса пенетрации</b>
445...475	000	220...250	3
400...430	00	175...205	4
335...340	0	130...160	5
310...340	1	85...115	6
265...295	2	Ниже 70	7

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое пластичные смазки?
2. Типы загустителей и их влияние на основные эксплуатационные свойства смазок?
3. Наполнители и их влияние на качественные показатели пластичных смазок?
4. Маркировка пластичных смазок?
5. Что такое пенетрация пластичных смазок и как она определяется?
6. В чем заключаются тиксотропные свойства пластичных смазок?

## **Раздел 3. Специальные жидкости**

### **3.1. Эксплуатационные свойства специальных жидкостей**

**Охлаждающие жидкости.** Для обеспечения нормального теплового режима работающего двигателя внутреннего сгорания требуется обеспечивать постоянный отвод теплоты от нагретых деталей. Количество теплоты, отводимой при охлаждении, зависит от конструктивных особенностей двигателя и находится в пределах 25...35% от общей величины, выделяющейся при сгорании топлива.

Охлаждение двигателей может быть воздушным или жидкостным. В качестве охлаждающих жидкостей широко применяют воду и низкотемпературные смеси (антифризы).

**Вода** – наиболее распространенная охлаждающая жидкость. Она доступна, безопасна в пожарном отношении, безвредна для человека и имеет высокую удельную теплоемкость – 4,19 кДж/кг, превосходящую все другие известные охлаждающие жидкости. Существенным недостатком воды как охлаждающей жидкости, является высокая температура застывания и наличие водорастворимых примесей, способствующих образованию накипей. Накипь представляет собой смесь различных соединений кальция и магния. Соли кальция и магния, находящиеся в растворенном состоянии, придают воде свойство, которое получило название «жесткость». Различают жесткость общую, временную и постоянную.

**Общая жесткость** характеризуется суммарным содержанием в воде ионов кальция и магния, входящих в состав всех солей: хлоридов, сульфатов, бикарбонатов, нитратов и силикатов. Измеряют жесткость в миллиграммах-эквивалентах на один литр воды (мг-экв/л).

**Временная жесткость** (карбонатная) характеризуется содержанием в воде растворимых двууглекислых солей –  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . При нагревании выше 80...85°C эти соли разлагаются с выделением осадков – карбонатов кальция  $\text{CaCO}_3$ , гидроксида магния  $\text{Mg}(\text{OH}_2)$ , углекислого газа и воды.

**Постоянная жесткость** (некарбонатная) определяется присутствием в воде более стойких солей таких как:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  и т. д. Эти соединения при кипячении не разлагаются и не выпадают в осадок, если их концентрация не превосходит предел насыщения. В образовании накипи участвуют соли как временной, так и постоянной жесткости, но в большей степени образование накипи определяется величиной временной жесткости. «Жесткая» вода подлежит обязательному умягчению с целью удаления катионов кальция и магния. Этот процесс можно осуществить следующими способами: термическим, химическим и магнитным.

В зимний период целесообразно использовать в системах охлаждения ДВС низкозамерзающие жидкости (антифризы). **Антифриз** – водный раствор этиленгликоля с антикоррозионными, антивспенивающими, стабилизирующими и красящими присадками.

Химическая промышленность выпускает ряд антифризов на базе этиленгликоля марки «Тосол».

**Таблица 4.1. Основные показатели охлаждающих жидкостей марки «Тосол»**

Показатели	Тосол А	Тосол А-40	Тосол А-65
Цвет	Голубой	Голубой	Красный
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	1120...1140	1075...1085	1085...1095
Температура начала кристаллизации, °C, не выше	-11,5	-40	-65
Коррозионные потери металлов при испытаниях, кг, не более:			
- меди;	10	10	10
- припоя;	12	12	12
- алюминия;	20	20	20
- чугуна	10	10	10
Состав, %:			
- этиленгликоля;	97	56	64
- воды	3	44	36

Кроме того, в настоящее время налажено производство ряда перспективных охлаждающих жидкостей: «Спектрол Антарктида», «Спектрол Тосол А-40», антифриз «HORD», «Тосол-Север», антифриз «G-48».

**Тормозные жидкости.** При торможении давление в гидроприводе тормозной системы может достигать 10 МПа, а температура – 150...190°C. Тормозные жидкости должны иметь высокую температуру кипения, хорошие вязкостно-температурные и смазывающие свойства, высокую физическую и химическую стабильность, не разрушать материалы уплотнений.

Тормозные жидкости могут быть на castorовой, глицериновой и гликолевой основе. Основные марки тормозных жидкостей и их характеристики представлены в таблице 4.2.

**Таблица 4.2. Характеристика основных марок тормозных жидкостей**

Показатели	Марки тормозных жидкостей			
	БСК	«Нева»	«Томь»	«Роса»
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость красного цвета	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого цвета до желтого		Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при температуре, °C:				
-40, не более	2500	1500	1500	1450
50, не менее	9	5	5	5
100, не менее	-	2	2	2
Температура кипения, °C, не выше	115	190	205	260
Температура кипения «увлажненной» жидкости, °C, не выше	-	138	160	165

**Пусковые жидкости** предназначены для улучшения пусковых качеств карбюраторных и дизельных двигателей в экстремальных условиях. Предприятиями выпускается две марки пусковых жидкостей: «Холод Д-40» для дизельных двигателей и «Арктика» для карбюраторных. Обязательным компонентом пусковых жидкостей является этиловый эфир. Эфир обеспечивает самовоспламенение рабочей смеси при сравнительно низких температурах (около 200°C). Для обеспечения плавного и последовательного воспламенения основного топлива в состав пусковых жидкостей вводят изопропиловый спирт и смесь низкокипящих углеводородов, которые воспламеняются после эфира.

**Амортизаторные жидкости.** В конструкциях машин применяются гидравлические амортизаторы, где происходит преобразование кинетической энергии



колебания их остова в тепловую энергию. Преобразование одного вида энергии в другой достигается за счет перетекания жидкости через дроссельное отверстие под давлением из одной полости в другую. Давление жидкости в амортизаторах может достигать 8...11 МПа, а температура – плюс 140°C.

В качестве амортизаторных жидкостей используют маловязкие нефтяные масла, в которые добавляют вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки. Выпускают следующие марки амортизаторных жидкостей: АЖ-12Т, МГП-12 (Славол-АЖ), АЖ-170, ГРЖ-12.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каковы требования, предъявляемые к охлаждающим жидкостям?
2. Что называется жесткостью воды, виды жесткости и единицы ее измерения?
3. Влияние накипи на надежность работы двигателя и способы предупреждения накипобразования?
4. Состав, свойства и марки низкотемпературных жидкостей?
5. Состав, свойства и марки тормозных жидкостей?
6. Какие жидкости используют для облегчения запуска?
7. Свойства и марки жидкостей, используемых в гидроамортизаторах?

### **Вопросы для подготовки к зачету**

1. Назначение и маркировка автомобильных бензинов.
2. Назначение и маркировка дизельных топлив.
3. Назначение и отечественная маркировка моторных масел.
4. Назначение и маркировка моторных масел по SAE и API.
5. Назначение и отечественная маркировка трансмиссионных масел.
6. Назначение и маркировка трансмиссионных масел по SAE и API.
7. Назначение и маркировка гидравлических масел.
8. Назначение и маркировка компрессорных масел.
9. Назначение и маркировка промышленных масел.
10. Маркировка трансформаторных масел.
11. Назначение и маркировка масел для холодильных машин.
12. Назначение, маркировка и условное обозначение пластичных смазок.
13. Назначение и маркировка тосолов и антифризов.
14. Назначение и маркировка тормозных жидкостей.
15. Назначение и маркировка моющих составов.
16. Назначение и маркировка нефтяных растворителей.
17. Назначение и маркировка лакокрасочных материалов.
18. Назначение и маркировка смывков.
19. Назначение и маркировка клеев.
20. Назначение и маркировка пластических масс.
21. Дайте определение термину «Эксплуатационное свойство».
22. Дайте определение термину «Прокачиваемость».
23. Дайте определение термину «Испаряемость».

24. Дайте определение термину «Воспламеняемость».
25. Дайте определение термину «Горючесть».
26. Дайте определение термину «Склонность к отложениям».
27. Дайте определение термину «Совместимость».
28. Дайте определение термину «Антифрикционное свойство».
29. Дайте определение термину «Противоизносное свойство».
30. Дайте определение термину «Сохраняемость».
31. Дайте определение термину «Защитное свойство».
32. дайте определение термину «Токсичность»
33. Какими показателями качества оценивают прокачиваемость бензинов.
34. Какими показателями качества оценивают испаряемость бензинов.
35. Влияние температуры перегонки 10% об. бензина на работу двигателя.
36. Влияние температуры перегонки 50% об. бензина на работу двигателя.
37. Влияние температуры перегонки 90% об. бензина на работу двигателя.
38. Влияние ДНП на работу двигателя.
39. Какими показателями качества оценивают воспламеняемость бензинов.
40. Какими показателями качества оценивают горючесть бензинов.
41. Дайте определение октановому числу бензина.
42. Последствия работы двигателя на бензине с малой величиной октанового числа.
43. Последствия работы двигателя на бензине с большей величиной октанового числа бензина.
44. Как определяют октановое число бензина.
45. Какими показателями качества оценивают склонность бензинов к образованию отложений.
46. Последствия применения бензина с повышенным содержанием фактических смол.
47. Какими показателями оценивают противизносное свойство бензинов.
48. Какими показателями оценивают сохраняемость бензинов.
49. Последствия применения бензина с повышенной склонностью к образованию паровых пробок.
50. Какими показателями качества оценивают токсичность бензинов и продуктов его сгорания.
51. Какими показателями качества оценивают прокачиваемость дизельных топлив.
52. Какими показателями качества оценивают испаряемость дизельных топлив.
53. Влияние температуры перегонки 50% об. дизельного топлива на работу двигателя.
54. Влияние температуры перегонки 90% об. дизельного топлива на работу двигателя.
55. Какими показателями качества оценивают воспламеняемость дизельного топлива.
56. Какими показателями качества оценивают горючесть дизельного топлива.
57. Дайте определение цетановому числу дизельного топлива.

58. Последствия работы двигателя на дизельном топливе с малой величиной цетанового числа.
59. Как определяют цетановое число дизельных топлив.
60. Какими показателями качества оценивают склонность дизельного топлива к образованию отложений.
61. Последствия применения дизельного топлива с повышенным содержанием фактических смол.
62. Какими показателями оценивают противизносное свойство дизельного топлива.
63. Какими показателями оценивают сохраняемость дизельного топлива.
64. Какими показателями качества оценивают токсичность дизельного топлива и продуктов его сгорания.
65. Какими показателями качества оценивают прокачиваемость моторных масел.
66. Типы базовых масел и технологии их получения.
67. Технологии получения товарных моторных масел.
68. Какими показателями качества оценивают воспламеняемость моторных масел.
69. Какими показателями качества оценивают антифрикционное свойство моторных масел.
70. Что характеризует индекс вязкости моторных масел.
71. Последствия работы двигателя на моторном масле с малым индексом вязкости.
72. Последствия работы двигателя на моторном масле с большим индексом вязкости.
73. Какими показателями качества оценивают склонность моторных масел к образованию отложений.
74. Какими показателями качества оценивают противизносное свойство моторных масел.
75. Какими показателями качества оценивают сохраняемость моторных масел.
76. Какими показателями качества оценивают токсичность моторных масел.
77. Объясните, что понимают под совместимостью моторных масел.
78. Назначение и присадки для моторных масел.
80. Методика определения кинематической вязкости моторных масел.
81. Состав пластичных смазок.
82. Условное обозначение пластичных смазок.
83. Методика определения температуры каплепадения пластичных смазок и влияние ее величины на последствия применения в узле трения.
84. Методика определения предела прочности пластичных смазок и влияние ее величины на последствия применения в узле трения.
85. Методика определения совместимости пластичных смазок и ее влияние на последствия применения в узле трения.
86. Причины склонности воды к образованию отложений.
87. Способы умягчения воды.
88. Способы удаления накипи из системы охлаждения ДВС.

89. Состав тосолов и антифризов, преимущества и недостатки их применения.
90. Состав тормозных жидкостей БСК и ЭСК и их недостатки.
91. Марки тормозных жидкостей на гликолевой основе и их преимущества.
92. Совместимость тормозных жидкостей.
93. Назначение, состав и преимущества пусковых жидкостей.
94. Преимущества применения пластических масс в автомобилестроении.
95. Дать определение «Химмотологии»
96. Объяснить механизм сухого, граничного и гидродинамического трения.
97. Объяснить механизм гидродинамической смазки поверхностей трения.
98. Дать классификацию смазочных материалов по ISO.
99. Методика отбора проб из горизонтальной емкости.
100. Методика отбора проб из вертикальной емкости.

### Библиографический список

1. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко ; под ред. А.Н. Карташевича. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 421 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010298-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839670>
2. Эксплуатационные материалы / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 528 с. — ISBN 978-5-507-45309-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264500>
3. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В.В. Остриков [и др.] ; под общ. ред. В. В. Острикова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 244 с. - SBN 978-5-9729-0321-4. - ISBN 978-5-9729-0321-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048739>
4. Методика выполнения лабораторных работ по дисциплине «Топливо и смазочные материалы»: учебно-методическое пособие / Новосибирский государственный аграрный университет, Инженерный институт; составители: Г.М. Крохта, В.А. Крум, А.Б. Иванников, Е.Н. Хомченко. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос» 2022.— 109 с.
5. ГОСТ 26098-84. Нефтепродукты. Термины и определения.
6. ГОСТ 4.25-83.Система показателей качества продукции. Нефтепродукты. Топлива жидкие. Номенклатура показателей.
7. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. для вузов. –М.: Наука-Пресс, 2004. - 421 с.
8. ГОСТ 25349-90. Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта. Порядок составления и согласования. – М.: Изд-во стандартов, 1991. -16 с.

Составители: Крохта Геннадий Михайлович  
Крум Василий Андреевич

## **Эксплуатационные материалы**

Методические указания  
для самостоятельной работы

Редактор: Т.К. Коробкова

Компьютерный набор: Г. М. Крохта, В.А. Крум  
Компьютерная верстка: Н. А. Усатых

Формат 60х84 1/16.                      Объем 2,9 уч.-изд.л.

Тираж 50 экз.                      Заказ №

Изд. № 51

---

Отпечатано в типографии Инженерного института НГАУ

630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147