

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Топливо и смазочные материалы

**Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль подготовки Технические системы в агробизнесе**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	
1.1 Лекция № 1 Общие сведения о нефти и получении нефтепродуктов.....	3
1.2 Лекция № 2 Эксплуатационные свойства бензинов .....	12
1.3 Лекция № 3 Эксплуатационные свойства дизельных топлив.	
Альтернативное топливо .....	18
1.4 Лекция № 4 Основы применения смазочных материалов.....	22
1.5 Лекция № 5 Эксплуатационные свойства и применение моторных масел.....	29
1.6 Лекция № 6 Эксплуатационные свойства и применение трансмиссионных и прочих масел.....	39
1.7 Лекция № 7 Эксплуатационные свойства и применение пластичных смазок.....	46
1.8 Лекция № 8 Эксплуатационные свойства и применение специальных Жидкостей.....	52
1.9 Лекция № 9 Основы рационального использования нефтепродуктов.....	57
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	66
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Технология производства топлива и смазочных материалов	
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Определение показателей качества автомобильных бензинов	
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Определение показателей качества автомобильных бензинов	
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение показателей качества дизельного топлива	
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Определение показателей качества моторных масел	
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Определение показателей качества пластичных смазок	
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Определение показателей качества специальных жидкостей	
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Трансмиссионные масла	

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция №1 (2 часа).

**Тема:** «Общие сведения о нефти и получении нефтепродуктов»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Свойства углеводородов нефти
2. Методы получения жидкого топлива
3. Очистка топлива и масел
4. Основные свойства жидкого топлива

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Свойства углеводородов нефти

Нефть является основным энергоносителем и важнейшим сырьем для химической промышленности. Углеводороды не только являются основой производства многих химических продуктов, химических волокон и пластмасс, но и позволяют заменить пищевое сырье при производстве этилового спирта, каучука, моющих средств и др.

Ежегодная добыча нефти (млн. тонн) составляет: Россия – 500, Саудовская Аравия – 500, США – 360, Иран – 200, Китай – 140, Мексика – 140, Норвегия – 140, Великобритания – 130, Венесуэла – 130, ОАЭ – 115.

Ежегодное потребление нефти (млн. тонн) составляет: США – 680, Россия – 240, Япония – 220, Китай – 160, Германия – 105, Великобритания – 85, Саудовская Аравия – 80, Франция – 75, Италия – 75. США потребляют 28% углеводородов от общемировой добычи.

Цена на нефть до начала 70-х годов составляла 3,2 \$ за баррель (159 литров). После создания ОПЕК эта цена в 1975 году возросла до 32 \$ за баррель, что президент США назвал удушением индустриального мира и заявил о готовности противодействовать этому военной силой. Вскоре король Саудовской Аравии – центральная фигура ОПЕК – был убит. После этого в 1980-1985 гг. цена на нефть снизилась до 10-15\$, но в 2004 г. она снова возросла до 50 \$, а в 2007 г. – до 100 \$ и в 2008 г. – до 140 \$ за баррель. В последние годы эта цена установилась на уровне около 100 \$ за баррель. Нефть является важнейшим предметом геополитических интересов многих государств, истинной причиной большинства войн и вооруженных конфликтов современности. Примеры тому Ирак, Ливия, Иран и др.

Советский Союз с 1970 по 1985 гг. ежегодно добывал 620 млн. тонн нефти, экспортируя при этом 120 млн. тонн. Россия увеличила добычу с 400 млн. тонн в 2000 г. до 500 в 2008 г., причем экспорт возрос до 250 млн. тонн. Затраты на добычу и транспортировку нефти в России составили в 2010 году около 16-24 \$ за баррель и имеют устойчивую тенденцию к росту.

#### Свойства углеводородов нефти

Нефть является основным сырьем для получения топлив и масел. Она представляет собой горючую вязкую маслянистую жидкость темно-бурого, темно-зеленого, иногда светло-желтого цвета, будучи по химическому составу сложной смесью углеводородов. Плотность нефти колеблется от 0,73 до 1,00 г/см<sup>3</sup>. Элементарный состав нефти: углерод 83-87%, водород 11-14%, кислород и азот 0,1-1,5%, сера 0-5%. В нефти содержатся, главным образом, углеводороды трех классов – парафиновые, нафтеновые и ароматические.

Основную массу топлива и смазочных материалов вырабатывают из нефти. В зависимости от физико-химических свойств нефти выбирается наиболее рациональное направление её переработки. Свойства получаемых нефтепродуктов зависят от химического состава нефти и способов её переработки.

При изучении современных способов получения топлива и масел из нефти

нужно уяснить, что способы получения бензина могут быть физические и химические, масел и дизельного топлива – только физические. При физических способах не нарушается углеводородный состав нефти, а только разделяются по температурам кипения различные дистилляты.

При химических способах изменяется углеводородный состав и образуются новые углеводороды, которых не было в исходном сырье.

Ответственной и важной частью при получении топлива является очистка нефте-продуктов.

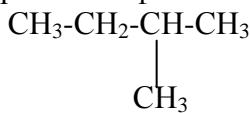
Цель очистки – удаление из дистиллята вредных примесей (сернистых и азотных соединений, смолистых веществ, органических кислот и др.), а иногда и нежелательных углеводородов непредельных, полициклических и др.).

Способы очистки разные – сернокислотная, гидрогенизационная селективная обработка адсорбентами и др.

Наиболее распространены в нефти парафиновые углеводороды (алканы), которые имеют эмпирическую формулу  $C_nH_{2n+2}$ . При числе атомов углерода в молекуле от 1 до 4 – это газы, от 5 до 15 – жидкости, а свыше 15 – твердые углеводороды. Атомы углерода в молекулах парафинов соединены между собой одинарными связями. Это цепочное или нитевидное строение и чем больше углеродных атомов, тем длиннее цепь. Такие углеводороды называются нормальными парафинами:  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ .

Нормальные парафины легко окисляются при повышенной температуре и снижают детонационную стойкость бензинов. В зимних сортах дизельных топлив наличие нормальных парафинов нежелательно, т.к. многие из них имеют высокие температуры застывания.

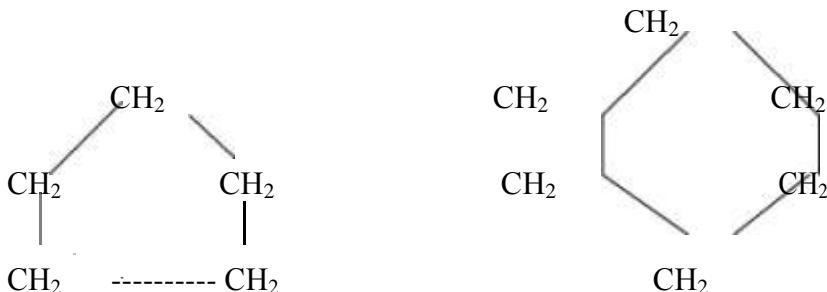
Кроме нормальных парафинов могут быть изомерные углеводороды – изопарафины. Они имеют ту же формулу, что и углеводороды нормального ряда, но иное пространственное расположение атомов углерода, например, ответвления от цепочки атомов углерода, что является причиной различия физических и химических свойств.



Изопарафины при температуре выше  $250^{\circ}C$  устойчивы к действию кислорода, что делает их желательным компонентом в бензинах.

При нормальной температуре и атмосферном давлении все парафино-вые углеводороды слабо взаимодействуют с другими веществами, поэтому содержащие их топлива и смазки обладают высокой стабильностью. Под действием высокой температуры алканы способны расщепляться с образованием низкомолекулярных углеводородов, свободного водорода и углерода в виде кокса.

Нафтеновые углеводороды (цикланы) в составе нефти имеют, главным образом,monoциклическое строение с 5-6 атомами углерода в кольце. Эмпирическая формула нафтенов  $C_nH_{2n}$ .

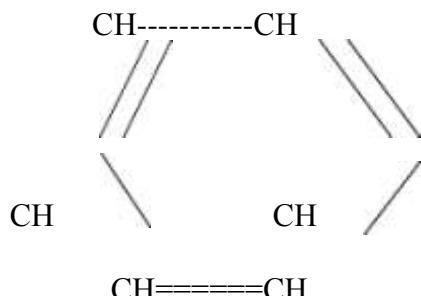


Циклическое строение обуславливает высокую химическую прочность молекул этих углеводородов – на них не действуют кислоты и щелочи, они способны только к реакциям замещения и при высокой температуре – к распаду.

Кроме моноциклических нафтенов в высших солярных и масляных фракциях могут находиться полициклические углеводороды, составленные из двух или более нафтеновых колец. Нафтены обладают обычно более высокой плотностью и температурой кипения, чем парафины одинакового молекулярного веса. Нафтены более устойчивы к окислению, чем нормальные

парафины при высоких температурах, что делает их желательными в составе бензинов. Нафтены имеют низкую температуру застывания, поэтому они входят в состав зимних сортов дизельных топлив.

Ароматические углеводороды (арены) имеют формулу  $C_nH_{2n-6}$ . Их молекулы содержат бензольное кольцо, в котором три одинарные связи чередуются с двойными.



Для ароматических углеводородов не свойственны реакции присоединения, но они легко вступают в реакции замещения. При высокой температуре и в присутствии катализатора арены могут переходить в нафтены, присоединяя водород. Ароматические углеводороды имеют более высокую вязкость, температуру кипения и плотность, чем нафтены и парафины той же молекулярной массы. Их отличает резкое возрастание вязкости при снижении температуры, что ограничивает их содержание в зимних сортах нефтепродуктов.

Высокая термическая устойчивость ароматиков в присутствии кислорода обеспечивает их антидетонационные свойства в бензинах и одновременно делает их нежелательными в составе дизельных топлив. При высокой температуре ароматические углеводороды способны образовывать полициклические соединения, в том числе канцерогенное вещество – 3,4 бензпирен. Поэтому содержание органических углеводородов в топливах сейчас ограничивают.

Непредельные углеводороды (алкены или олефины) характеризуются двойными или тройными связями между атомами углерода. Эти связи не прочны и легко рвутся, об разуя из молекулы два осколка – радикала, которые активно вступают в химические реакции.



Основная часть непредельных углеводородов образуется в процессе термической переработки нефти, когда происходит расщепление, разрушение отдельных углеводородов. Все непредельные углеводороды очень склонны к реакциям присоединения и полимеризации. При окислении их образуются окислы, органические кислоты и смолистые вещества, а при полимеризации – высокомолекулярные смолисто-асфальтовые вещества, как растворенные в нефтепродуктах, так и выпадающие в виде смолообразных масс.

Нефти могут содержать также в небольшом количестве кислородные и сернистые соединения. Кислородные соединения в виде нафтеновых кислот и смолистых соединений хорошо растворяются в углеводородах нефти, а эти соединения в виде асфальтенов, продуктов глубокого полимерного процесса, трудно растворимы в углеводородах нефти.

Сернистые соединения входят в состав нефти в виде таких органических соединений, как меркаптаны – летучие вещества с неприятным запахом, трудно удаляемые из нефти при ее переработке. В нефти хорошо растворяется сероводород – ядовитый газ, который легко удаляется из нефти при высокой температуре. Свободная сера в природной

нефти практически отсутствует.

## 2. Методы получения жидкого топлива

Первая в мире промышленная установка для переработки нефти была построена в 1823 году в г. Моздоке братьями Дубинными. Металлический куб заполнялся нефтью, наглухо закрывался и соединялся со змеевиком, охлаждаемым водой. При нагреве куба из змеевика вытекал керосин, а в кубе оставался мазут.

Жидкое топливо невысокого качества изготавливают переработкой углей, сланцев и полимеризацией углеводородов, а высококачественное топливо – из газового конденсата. В связи с повышением цен на нефть активно применяется процесс изготовления биотоплива из растительного сырья (отходы сахарного тростника и сахарной свеклы, кукурузы, рапса и другие культуры).

### Прямая перегонка нефти

В настоящее время первой стадией переработки нефти является очистка ее от воды и породы, для чего применяются такие методы, как отстаивание, центрифugирование, химическая очистка и др. После очистки нефть подвергается прямой перегонке – рисунок 1.

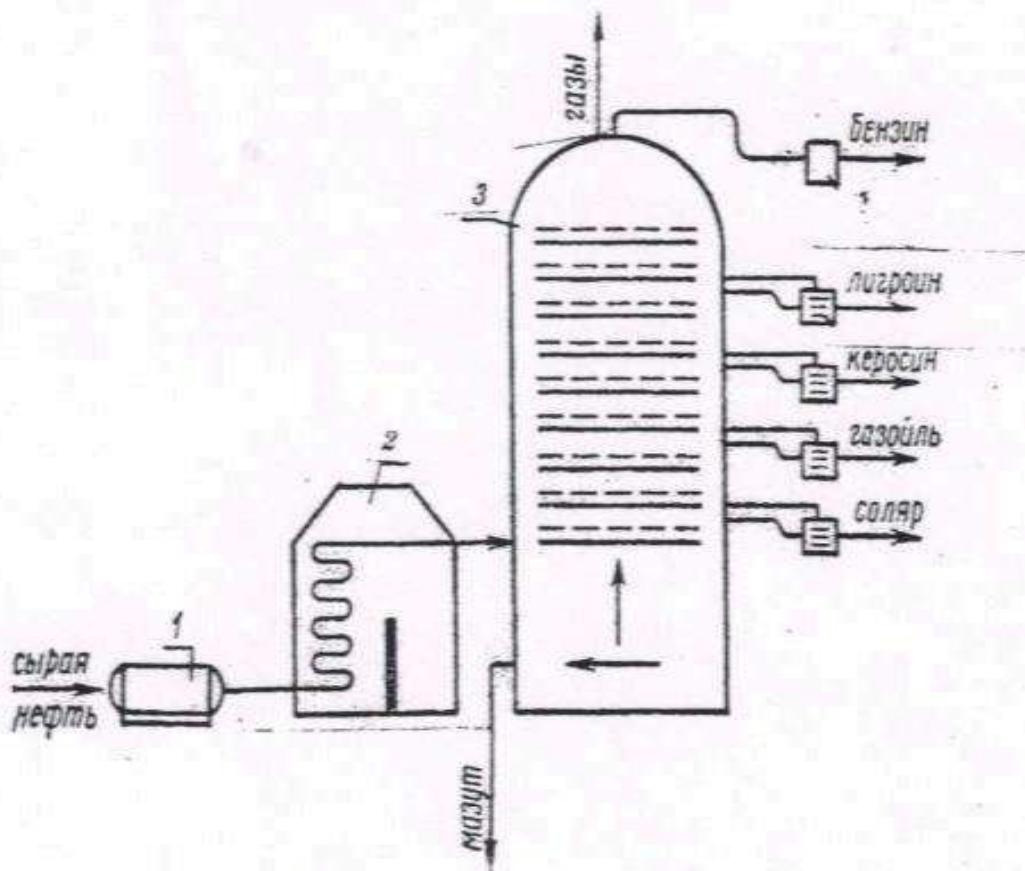


рисунок 1. 1 – насос, 2 – трубчатая печь, 3 – ректификационная колонна. Рисунок 2.1 - Установка для прямой перегонки нефти

Для этого она нагревается в трубчатой печи до 330-350°C и подается в нижнюю

часть ректификационной колонны. Пары углеводородов поднимаются вверх, открывая колпачки на перегородке (тарелке) колонны и постепенно охлаждаясь. Температура нижних тарелок выше, чем верхних. В результате на каждой тарелке колонны конденсируется сравнительно однородная жидкость – на верхней бензин, затем лигроин, керосин, газойль и соляр. Температуры кипения этих фракций: бензин 40-200°C, лигроин 110-230°C, керосин 140-300°C, газойль 230-330°C и соляр 280-380°C. Легокипящие газовые фракции отводятся из верхней части колонны и направляются в конденсатор, где они переходят в жидкую фазу.

Для более полного испарения в нижнюю часть колонны вводят водяной пар. Каждый пузырек водяного пара, проходящего через толщу нефти, имеет для ее паров (согласно закону Дальтона о парциальных давлениях взаимно не реагирующих паров и газов) значение, аналогичное вакууму. Поэтому каждый пузырек водяного пара может включать в себя значительное количество паров нефти. Таким образом, удается понизить температуру кипения отгоняемых фракций.

Полученные прямой перегонкой нефти дистилляты легко окисляются и осмоляются и поэтому используются обычно как сырье для производства высококачественных топлив. Оставшийся мазут выпускается из нижней части ректификационной колонны и поступает для дальнейшей переработки или используется как топливо.

#### Переработка мазута в вакуумной ректификационной колонне

Мазут, оставшийся после прямой перегонки нефти, может быть использован в качестве сырья для дальнейшего разделения на фракции в вакуумной ректификационной колонне – рисунок 2.2. При этом мазут нагревают в трубчатой печи до 420-430°C и подают в ректификационную колонну, работающую под разрежением (остаточное давление 50-100 мм рт. ст.). Температура кипения углеводородов при понижении давления снижается, что позволяет испарить без разложения тяжелые углеводороды, содержащиеся в мазуте.

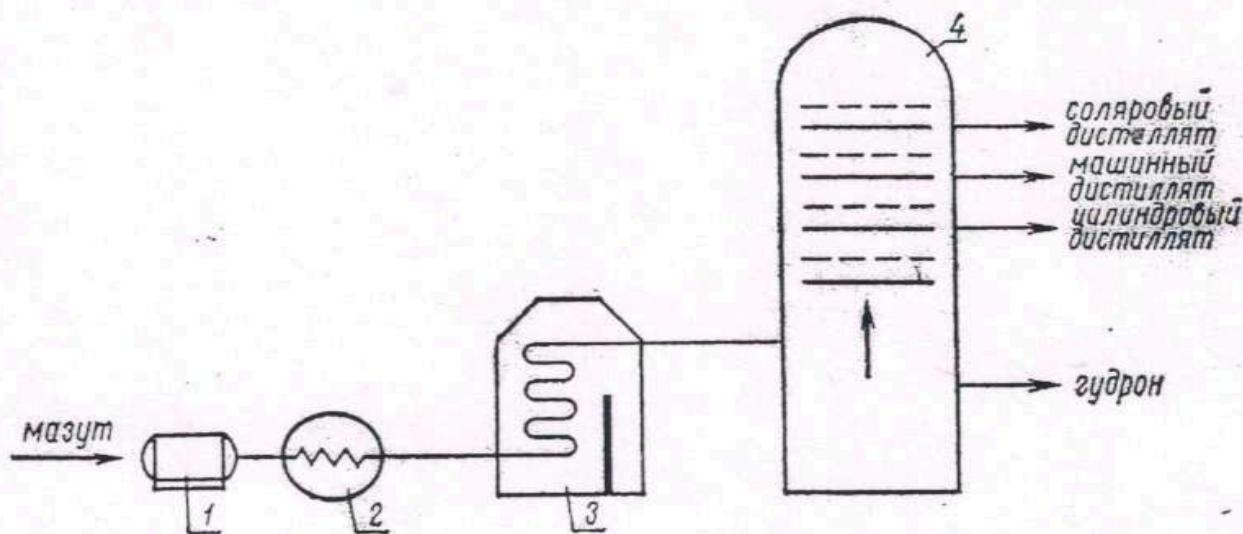


Рис. 2 Вакуумная установка 1 – насос, 2 – теплообменник, 3 – вакуумная трубчатая печь, 4 – вакуумная ректификационная колонна.

При вакуумной перегонке мазута из верхней части ректификационной колонны отбирают солярный дистиллят, который может служить сырьем для каталитического крекинга. Ниже следуют масляные фракции – сначала веретенный дистиллят, затем машинный и, наконец, цилиндровый. Эти дистилляты после очистки идут на приготовление

товарных (дистиллятных) масел. Из нижней части вакуумной ректификационной колонны отбирают полугудрон или гудрон. Из полугудрона путем глубокой очистки получают высоковязкие, так называемые остаточные масла, а гудрон используют в качестве дорожного покрытия.

### Крекинг

В 1883 году Готлиб Даймлер изобрел и построил бензиновый двигатель, после чего потребность в бензине резко возросла. Но при прямой перегонке из нефти получают лишь 15-20% бензина с низкими антидетонационными свойствами.

Для увеличения выхода бензина из нефти русский инженер В.Г. Шухов в 1891 году запатентовал способ разложения тяжелых углеводородов нефти при высоких температурах. Этот процесс был назван крекингом, что означает расщепление. В процессе термического крекинга мазут нагревается до 470-540°C при давлении от 20 до 70 кг/см<sup>2</sup>. Возможно также использование в качестве исходного сырья газойле-соляровых фракций. При этом тяжелые молекулы углеводородов, в первую очередь парафиновые, расщепляются, увеличивая выход бензиновых, керосиновых, газойлевых и соляровых фракций. Но в процессе термического крекинга образуется значительное количество непредельных углеводородов, что снижает стабильность образующихся дистиллятов. Процесс протекает по схеме  $C_{2n}H_{4n+2} = C_nH_{2n+2} + C_nH_{2n}$ .

При термическом крекинге получают газ, широкую гамму углеводородов, выкипающих в пределах бензиновой, керосиновой, газойлевой и соляровой фракций, а также тяжелый крекинг-остаток (крекинг-мазут). Бензин термического крекинга имеет невысокие антидетонационные свойства, он легко окисляется и осмоляется.

Более совершенным процессом является каталитический крекинг. В присутствии катализатора скорость расщепления сложных и больших молекул увеличивается, а образующиеся углеводороды подвергаются вторичным превращениям с образованием ароматических и изопарафиновых углеводородов, обеспечивающих высокие антидетонационные свойства бензинов.

В присутствии катализатора атомы водорода могут отщепляться с образованием ароматических углеводородов (реакции ароматизации). Водород, выделяющийся в процессе ароматизации нефтяных углеводородов, может вступать в реакцию с углеводородами олеинового ряда с насыщением двойных связей (реакция гидрогенизации). Углеводороды с прямой цепочкой углеродных атомов в присутствии катализатора могут изменять взаимное расположение атомов внутри молекул без изменения общего числа атомов (реакция изомеризации).

Процесс каталитического крекинга ведут обычно с использованием алюмосиликатных катализаторов при температуре 430-530°C и давлении, близком к атмосферному. При этом из керосиновых, соляровых и газойлевых фракций прямой перегонки нефти получают 40-50% бензина с большим октановым числом и высокой стабильностью, а также 30-40% газойля, используемого для приготовления дизельного топлива.

### Риформинг

Для улучшения качества бензинов прямой перегонки и термического крекинга используется риформинг, при котором исходным сырьем является бензин прямой перегонки или термического крекинга, а конечным продуктом – также бензин, но более высокого качества. Сущность каталитического риформинга заключается в ароматизации бензиновых фракций в результате преобразования нафтеновых и парафиновых углеводородов в ароматические.

При риформинге в присутствии катализатора нафтеновые углеводороды могут терять атомы водорода, превращаясь в ароматические (реакции ароматизации), а парафиновые углеводороды, отщепляя водород, превращаются в также в ароматические углеводороды.

Кроме этих основных реакций, при каталитическом риформинге молекулы парафиновых углеводородов могут подвергаться изомеризации, наиболее тяжелые углево-

дороды могут расщепляться на более мелкие, при этом образующиеся непредельные углеводороды разрывают двойные связи и присоединяют водород. Этот процесс ведется в присутствии алюмомолибденового или алюмоплатинового катализатора (содержание платины от 0,1 до 1,0%) при температуре 460-510°C в атмосфере водорода под давлением 10...50 кг/см<sup>2</sup>. При катализитическом риформинге из бензинов прямой перегонки и термического крекинга получают 85-90% высокооктанового бензина.<sup>11</sup>

Гидроформинг обеспечивает ароматизацию тяжелых фракций прямо-гонного бензина, лигроина и др. при температуре 480-530°C и давлении 20...30 кг/см<sup>2</sup> в атмосфере водорода и в присутствии катализатора (окиси молибдена, ванадия и хрома).

Товарные сорта топлив получают смешиванием различных компонентов после очистки их от сернистых, азотистых, кислородных соединений, смол и неустойчивых непредельных углеводородов.

### 3. Очистка топлив и масел

Очистка 96%-ным раствором серной кислоты в количестве 0,5...1,0% от объема нефтепродукта применяется для удаления непредельных углеводородов, смолистых и азотистых соединений. После очистки образуются два слоя: верхний – очищенный продукт с остатками кислоты и нижний – кислый гудрон – густая черная вязкая масса.

Очистка щелочью (едким натром) применяется для удаления органических кислот, фенолов, сероводорода и меркаптанов, а также для нейтрализации серной кислоты, использовавшейся для очистки. Образующиеся вещества растворимы в воде и удаляются из нефтепродукта вместе с водным раствором щелочи. Такой очистке подвергаются обычно топлива.

Очистка адсорбентами (отбеливающие земли или силикагель) основана на адсорбции (поглощении) смол, сернистых соединений и органических кислот.

Селективная очистка основана на принципе различной растворяющей способности некоторых реагентов по отношению к загрязняющим примесям и к углеводородам масел. В качестве избирательных растворителей используют жидкий пропан, фенол, нитробензол, фурфурол и др. Некоторые из них растворяют нежелательную примесь и удаляются, а другие растворяют углеводороды и нежелательные примеси переводят в осадок. После разделения слоев растворитель отгоняют и используют вновь.

Депарафинизация – это процесс удаления из нефтепродуктов углеводородов с высокой температурой застывания. Депарафинизация основана на охлаждении топлив или масел и последующем отделении твердых кристаллов парафина и церезина.

Гидроочистка – это обработка сырья водородом при повышенных температуре и давлении и в присутствии катализаторов. Метод позволяет почти полностью удалить сернистые соединения, связывая их водородом в сероводород. Попутно очищаемый дистиллят освобождается от органических кислот, которые превращаются в углеводороды, и от непредельных углеводородов, которые превращаются в парафины. Сырье для очистки и водород нагревают до 400°C и подают в реактор при давлении 50 кг/см<sup>2</sup> в присутствии алюмомолибденового катализатора.

Обработка топлива в центрифуге является простым, надежным и дешевым средством очистки его от механических примесей, воды и смол.

### 4. Основные свойства жидких топлив

Общие свойства жидких топлив

Теплота сгорания топлив

Топливом называется горючее вещество, служащее для получения тепла. Топлива могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Жидкие топлива получают, главным образом, из нефти. Элементарный состав топлива включает углерод, водород, кислород, азот и серу. Внешнюю балластную часть топлива составляют вода и минеральные приме-

си.

Важнейшей характеристикой топлива является его теплота сгорания. Различают высшую и низшую теплоту сгорания. Высшей теплотой сгорания называют количество теплоты, выделяющееся при сгорании единицы топлива и идущее целиком на совершение полезной работы. В действительности часть теплоты расходуется на испарение влаги содержащейся в топливе, а также воды, образующейся при сгорании водорода. Низшей теплотой сгорания называется количество теплоты, выделившейся при сгорании единицы топлива, за вычетом той ее части, которая расходуется на испарение содержащейся в топливе, а также образующейся при сгорании воды.

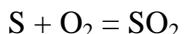
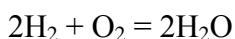
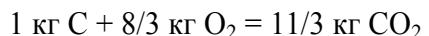
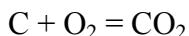
Всякое горение есть окисление горючих элементов топлива кислородом, сопровождающееся появлением пламени и выделением значительного количества теплоты. Для того, чтобы топливо начало гореть, его необходимо нагреть до определенной температуры, называемой температурой воспламенения (керосин 380°C, бензин – 415°C, различные углеводороды – 600...800°C). Нагревание топлива до температуры воспламенения вызывает распад горючей массы топлива на составные элементы, которые затем окисляются кислородом и выделяют теплоту. От выделенной теплоты нагревается масса близлежащего топлива, в котором начинается распад на составные элементы, также вступающие в реакцию горения. Интенсивность горения существенно зависит от концентрации веществ и их температуры.

При низких температурах в реакцию вступает небольшое количество молекул. Когда же реагирующие вещества нагреваются до температуры воспламенения, реакция окисления идет интенсивно. Для непрерывного протекания процесса необходимо, чтобы температура топлива была не ниже температуры воспламенения. В противном случае горение прекратится.

Горение может быть полным и неполным. Полным горением называется процесс окисления горючих элементов топлива, при котором выделяются продукты, не способные гореть в дальнейшем. Продукты же неполного горения способны повторно сгорать при наличии кислорода. При полном сгорании выделяется в три раза больше теплоты, чем при неполном.

#### Расчетное количество воздуха, необходимое для сгорания

Для полного сгорания к топливу необходимо подвести достаточное количество воздуха. Однако при избытке воздуха горение будет идти при пониженной температуре и количество выделяемого тепла уменьшится. Это объясняется тем, что часть тепла затрачивается на нагрев излишне подведенного к топливу воздуха. Поэтому важно определение количества воздуха, необходимого для полного сгорания топлива. Реакции горения основных элементов топлива описываются следующими уравнениями:



Таким образом, для окисления 1 кг углерода необходимо 8/3 кг кислорода, для окисления 1 кг водорода – 8 кг кислорода и для окисления 1 кг серы – 1 кг кислорода. Значит, если в 1 кг топлива содержится C кг углерода, то для полного его окисления необходимо 2,67C кг кислорода. Аналогично для окисления H кг водорода необходимо 8H кг кислорода и для окисления S кг серы необходимо 1S кг кислорода.

Так как в 1 кг воздуха содержится 0,232 кг кислорода, то для полного сжигания 1 кг топлива необходимо теоретически

$$Lt = 0,232(2,67C + 8H + S - O) \text{ кг воздуха,}$$

где С, Н, S, О – соответственно массовое содержание углерода, водорода, се-ры и кислорода в топливе.

При необходимости перевести весовые единицы в объемные учитываем плотность воздуха, равную 1,293 кг/м<sup>3</sup>.

Полное сгорание топлива с расчетным количеством воздуха возможно только в идеальных условиях, когда каждая молекула кислорода вступит в реакцию с молекулой топлива. В двигателях внутреннего сгорания это не-возможно, т.к. топливо распыляется не на молекулы, а на капли различного размера. Поэтому обычно в двигатель подается воздуха фактически больше, чем требуется по расчету.

Отношение действительно израсходованного количества воздуха к теоретически необходимому, называют коэффициентом избытка воздуха

$$\lambda = L_d / L_t$$

Если коэффициент избытка воздуха равен 1, то смесь называют нормальной, если он больше 1, то смесь бедная, а если меньше 1, то смесь богатая. Работа двигателя как на бедных, так и на богатых смесях экономически невыгодна. В первом случае горючая смесь разбавляется инертным азотом и излишним кислородом, из-за чего снижаются скорость и температура горения. Во втором случае кислорода недостаточно, поэтому образуются продукты неполного сгорания, увеличивается нагар, расход топлива возрастает, а мощность падает. Максимальная экономичность работы достигается при коэффициенте избытка воздуха для карбюраторного двигателя 1,05 и для дизельного 1,20. Как чрезмерно богатые, так и чрезмерно бедные смеси не будут воспламеняться.

#### Основные свойства жидких топлив

В решающей степени свойства топлив зависят от фракционного состава входящих в них углеводородов и от наличия в топливах некоторых примесей. Фракцией называется часть топлива, выкипающая в определенном интервале температур. Фракционный состав определяется перегонкой топлива в специальном приборе. Колбу с испытуемым топливом закрывают пробкой с термометром и нагревают, а пары топлива через стеклянный отводок колбы поступают в холодильник, конденсируются там и стекают в мерный цилиндр. При перегонке фиксируют температуры начала кипения, перегонки 10, 50 и 90% топлива, а также конца кипения. По полученным данным строят кривую разгонки топлива – график зависимости выкипевшего объема от температуры.

Групповой состав топлива определяется количественным соотношением входящих в него парафиновых, нафтеновых, ароматических и непредельных углеводородов. В топливе встречаются углеводородные примеси, вода и механические примеси. В качестве углеводородных примесей наиболее часто встречаются сернистые соединения, органические кислоты и смолисто-асфальтовые вещества.

Вода может попасть в топливо при его перевозке или хранении. Вода интенсифицирует коррозию, ухудшает процесс горения, а зимой замерзает в фильтрах и трубопроводах, нарушая топливоподачу.

Механические примеси ухудшают прокачиваемость топлива, служат основой для образования смолистых соединений и нагара, интенсифицируют механический износ. Основным источником механических примесей в топливе является атмосферная пыль.

Под распылом понимают процесс распада струи топлива на мелкие капли. При увеличении давления впрыскиваемого топлива его струя сначала теряет ламинарный характер, а затем распадается на отдельные капли. С увеличением вязкости и поверхностного натяжения средний диаметр капель возрастает. Вязкость – свойство жидкости противостоять перемещению ее частиц под действием внешних сил. Поверхностное натяжение – это работа, которую нужно совершить для образования единицы поверхности, преодолев силы притяжения между молекулами жидкости при выходе их в поверхностный слой. Испаряемость топлива характеризуется скоростью его перехода из жидкой фазы в пар и зависит от фракционного состава. Скорость испарения повышается с увеличением количе-

ства легкокипящих фракций.

Плотность – это масса вещества, содержащаяся в единице объема. Относительная плотность – это плотность нефтепродукта при 20°C, отнесенная к плотности воды при 4°C. Определяют плотность нефтеденсиметром (ареометром).

Наличие в топливе смол крайне нежелательно из-за отложений их в системе питания, увеличения нагарообразования и пригорания поршневых колец. Содержание фактических смол в моторных топливах оценивается количеством миллиграммов их на 100 мл топлива после длительной продувки нагретого топлива (бензин – 140°C, дизельное топливо – 250°C).

Под стабильностью топлива понимают его способность сохранять за-данные свойства. Различают химическую и физическую стабильность. Химическую стабильность топлив оценивают по их стойкости против осмоления и окисления. Физическая стабильность – это способность топлив сохранять фракционный состав в процессе эксплуатации.

Наличие в топливе кислот, щелочей, серы и сернистых соединений даже в небольших количествах вызывает коррозионный износ двигателя. Органические кислоты отличаются меньшей коррозионной активностью по отношению к стали и чугуну, чем минеральные. Более энергично они вступают в реакции с цветными металлами и поэтому представляют опасность для антифрикционных сплавов подшипников. На склонность топлив к нагарообразованию влияют их коксуюемость и зольность. Коксуюемость – это способность топлива давать углекислотный остаток после испарения и разложения топлива при 800°C без доступа воздуха. Зольность – это способность топлив давать минеральный остаток после сжигания топлива в атмосфере воздуха при 800°C.

Температура вспышки характеризует способность смеси паров топлива с воздухом вспыхивать от источника зажигания.

## **1. 2 Лекция №3 (2 часа).**

**Тема: «Эксплуатационные свойства бензинов»**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

- 1 Эксплуатационные свойства;
- 2 Детонационная стойкость;
- 3 Определение октанового числа бензина
- 4 Карбюрационные свойства
- 5 Основные показатели качества бензина. Ассортимент бензинов.
- 6 Изменение свойств бензина при транспортировке и хранении. Меры борьбы с потерями бензина

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

- 1 Эксплуатационные свойства

#### **Основные требования автомобильных бензинов**

Автомобильные бензины должны удовлетворять следующим требованиям: иметь высокие карбюрационные и антидетонационные свойства, давать минимальное количество нагара, не вызывать коррозии и обладать высокой стабильностью при хранении. Товарные сорта бензинов получают смешиванием дистиллятов бензина прямой перегонки и термического кре-кинга, к которым добавляют с целью повышения их антидетонационной стойкости моторный бензол, алкилбензол, бензин каталитического крекинга, технический изооктан и др. С точки зрения антидетонационной стойкости наиболее желательны в бензине ароматические углеводороды, однако при сгорании они образуют канцерогенные вещества, в частности, 3,4-бензпирен. Поэтому по нормам Европейского Союза содержание ароматических углеводородов в бензине не должно превышать 10%.

Двигатели внутреннего сгорания представляют собой устройства, в которых химическая энергия топлива при сгорании преобразуется вначале в тепловую энергию, а затем в механическую работу.

**Бензин** представляет собой сложную смесь легких ароматических, нафтеновых, парафиновых углеводородов и их производных с числом углеродных атомов от 4 до 10, средней молекулярной массы около 100, выкипающую в пределах 35-200  $^{\circ}\text{C}$ .

Для обеспечения надежной, экономичной и долговечной работы двигателей внутреннего сгорания бензин должен отвечать следующим требованиям:

- иметь максимально возможную теплоту сгорания горючей смеси;
- образовывать такую горючую смесь, которая обеспечит легкий пуск двигателя и устойчивую работу на любых режимах;
- иметь достаточную детонационную стойкость;
- обеспечивать полное сгорание, не вызывать смоло- и нагарообразование на деталях двигателя;
- иметь хорошие антикоррозионные свойства;
- обладать хорошей стабильностью при длительном хранении, транспортировке и т.д.

Основная тенденция современного автомобильного двигателестроения – повышение степени сжатия (степень сжатия – это отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания), так как в этом случае можно существенно улучшить технико-экономические и эксплуатационные показатели автомобиля. Однако с увеличением степени сжатия сверх определенных пределов возникает детонационное сгорание, в связи, с чем необходимо применять бензин с повышенной детонационной стойкостью или применять меры другого конструктивного характера.

Качество горючей смеси, и полнота его сгорания зависят как от конструкции карбюратора, так и от физико-химических свойств топлива.

В двигателях внутреннего сгорания топливо в смеси сгорает, находясь в парообразном состоянии. Если топливо плохо испаряется, то его неиспарившаяся часть (в виде жидкой фазы) не сгорает. Испарение может быть статическим, когда бензин испаряется с неподвижной поверхности в неподвижный воздух, и динамическим – при движении бензина и воздуха, что имеет место в двигателях внутреннего сгорания. На интенсивность испарения оказывают влияние температуры окружающей среды и нефтепродукта, давление насыщенных паров, теплопроводность, величина поверхностного испарения.

Фракция – это часть бензина, выкипающая в определенных температурных пределах. Фракционный состав бензина определяют в соответствии с ГОСТ. Сущность заключается в следующем. Бензин в количестве 100 мл нагревают в специальном приборе, образующие пары охлаждают, они конденсируются, превращаются в жидкость, которую собирают в мерный цилиндр. Во время перегонки записывают температуру начала кипения (падения первой капли в цилиндр), а затем выкипания 10, 50, 90% и конца кипения. Эти данные приводят в стандартах и паспортах качества бензина.

Легкие фракции бензина характеризуют пусковые свойства топлива: чем ниже температура выкипания 10% топлива, тем лучше пусковые свойства. Для пуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10% бензина выкипало при температуре не выше 55  $^{\circ}\text{C}$  (зимние сорта бензина) и 70  $^{\circ}\text{C}$  (летние).

Основную часть топлива называют рабочей фракцией (по кривой разгонки от 10 до 90%). От испаряемости рабочих фракций зависят образование горючей смеси при разных режимах двигателя, продолжительность прогрева, приемистость. По стандарту рабочую фракцию нормируют 50%-ной точкой. Чем она ниже, тем однороднее состав топлива и горючей смеси по отдельным цилиндрам, устойчивее работает двигатель, лучше приемистость.

Тяжелые углеводороды (от 90% до конца кипения) в топливе нежелательны, так как они испаряются не полностью, проникают через зазоры в поршневой группе, разжижают масло, увеличивают расход топлива. Чем меньше интервал температуры от 90% до конца кипения, тем выше качество топлива, меньше его склонность к конденсации, лучше экономичность.

Кроме фракционного состава, испаряемость топлива характеризуется давлением насыщенных паров. Давление, которое развиваются пары, находится в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре, называется давлением насыщенных паров. Определяют давление паров (ГОСТ 1756-2000), выдерживая испытуемый бензин 20 мин в герметичном резервуаре 38°C. По прошествии этого времени по манометру фиксируют давление паров бензина.

Использование бензина с высоким давлением паров приводит к образованию паровых пробок в топливопроводах, снижению наполнения цилиндров, падению мощности.

В летних сортах давление насыщенных паров не должно быть больше 500 мм рс.ст.), в зимних (500-700 мм рс.ст.).

## 2 Детонационная стойкость

В двигателях с высокими степенями сжатия процесс сгорания интенсифицируется: повышается температура, и давление горючей смеси и при определенных условиях может наступить детонационное сгорание. Детонационное сгорание происходит при неправильном выборе бензина для двигателей. При детонации скорость распространения фронта пламени достигает 1500-2000 м/с. Поскольку пространство камеры сгорания ограничено, упругие детонационные волны многократно ударяются и отражаются от камеры сгорания, что вызывает характерный для детонации металлический стук. Отражающие ударные волны нарушают нормальный процесс сгорания, вызывают вибрацию деталей двигателя, его перегрев, в результате увеличивается износ. Выхлопные газы при детонации имеют черный цвет, что свидетельствует о неполном сгорании топлива. При сильной детонации возможны: пригорание колец, прогар клапанов, поршней, разрушение подшипников.

Чтобы уменьшить возникновение детонационного сгорания в цилиндрах двигателя, необходимо соблюдать следующее:

- осуществлять правильный подбор бензина для каждого типа двигателя;
- система питания двигателя должна быть отрегулирована на необходимый состав смеси ( $\alpha = 0,85-0,93$ );
- при возникновении детонации в пути необходимо прикрывать дроссельную заслонку, переходить на пониженные передачи, корректировать угол опережения зажигания (в сторону уменьшения).

Детонационную стойкость бензина оценивают октановым числом (ОЧ), которое указывается в его марке. Чем выше ОЧ, тем выше детонационная стойкость бензина.

Октановое число бензина определяют моторным и исследовательским методами на одноцилиндровых установках УИТ-65, УИТ-82 в соответствии с ГОСТ. Сущность методов сводится к сравнительному сжатию испытуемого бензина, октановое число которого не известно, с искусственно приготовленным эталонным топливом, октановое число которого известно. Этапонное топливо составляют из двух индивидуальных углеводородов: изооктана, ОЧ которого принимают за 100 единиц, и пентана, ОЧ которого принимают за 0 единиц.

## 3. Определение октанового числа бензина

Октановое число определяют на одноцилиндровой установке ИТ9-2М, конструкция которой позволяет изменять степень сжатия во время работы, поднимая или опуская цилиндр относительно картера с коленчатым валом. Зажигание осуществляется от магнето. В головке двигателя установлен датчик индикатора детонации, в нижней части кото-

рого установлена тонкая стальная мембрана, а на нее опирается стальной стержень. При детонации стержень под действием мембраны подскакивает и замыкает контакт, включенные в цепь указателя детонации. Чем больше детонация - тем больше замкнуты контакты (указатель детонации должен показывать 55 делений). Температура охлаждающей воды - 100°C, температура масла в картере 50...75°C.

При определении октанового числа по исследовательскому методу частота вращения принимается 600 мин<sup>-1</sup>, угол опережения зажигания пост-янный, равный 13° до ВМТ, горючая смесь за карбюратором не подогревается. Двигательная установка ИТ9-2М работает на испытуемом бензине, а степень сжатия повышается до достижения детонации. Затем степень сжатия сохраняют, испытуемое топливо сливают, а двигатель переводят на питание смесью двух жидких углеводородов - изооктана C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> и гептана C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>, регулируя соотношение компонентов до достижения прежнего уровня детонации.

**Октановое число - это процентное содержание по объему изооктана в смеси с гептаном, когда смесь по своей детонационной стойкости равнозначна испытуемому топливу.** Октановое число у изооктана принимается равным 100, в у гептана - равным 0.

Исследовательский метод имитирует движение автомобиля в городе в условиях снижения нагрузки и ограничения мощности.

Ранее октановое число определяли также и моторным методом при других параметрах работы двигательной установки (число оборотов 900 мин<sup>-1</sup>, угол опережения зажигания оптимальный для данного режима работы, смесь за карбюратором подогревается). Октановое число одного и того же бензина, определенное разными методами, различно. В настоящее время октановое число моторным методом не определяется.

#### 4. Карбюрационные свойства

Образование горючей смеси зависит от испаряемости топлива, его скрытой теплоты парообразования, упругости паров и других факторов. Испаряемость топлива оценивается фракционным составом, которая выражает зависимость количества выкипающих фракций и температуры. Установка для фракционной разгонки представляет собой колбу с испытуемым бензином, закрытую пробкой, в которую вставлен термометр. Зависимость количества выкипевших фракций от температуры называется графиком фракционной разгонки топлива. Основные характерные точки графика: начало кипения, температура выкипания 10% топлива, температура выкипания 50% топлива и температура выкипания 90% топлива. Показатели фракционной разгонки для трех марок – Регуляр-92, Премиум-5 и Супер-98:

перегонка 10% - 65 60 55°C,

перегонка 50% - 110 105 100°C,

перегонка 90% - 180 170 160°C.

Концентрация фактических смол 5,0 мг/100 мл., плотность

725...780 кг/м<sup>3</sup>. Допускается введение в эти бензины кислородосодержащих компонентов, а также антиокислительных и моющих присадок.

**Температура выкипания 10% бензина характеризует его пусковые свойства, температура выкипания 50% - его приемистость, т.е. способность обеспечивать быстрое увеличение числа оборотов двигателя и температура выкипания 90% - полноту сгорания.**

Легкие фракции бензина обеспечивают надежный запуск двигателя, однако при чрезмерном их содержании они испаряются в топливопроводах, образуя паровые пробки, снижают коэффициент наполнения двигателя, вызывают его перегрев и перебои в работе. Поэтому количество легкокипящих фракций в бензинах ограничивается.

Основная часть углеводородов топлива (от 10% до 90% кривой раз-гонки) назы-

вается рабочей фракцией. Чем однородней состав бензина, тем круче поднимается в средней части кривая разгонки, тем лучше приемистость двигателя.

Тяжелые углеводороды (от 90% до конца кипения) в топливе нежелательны, т.к. они испаряются не полностью, смывают и разжижают масло, увеличивая износ двигателя. Чем меньше интервал температур от 90% до конца кипения, тем выше качество топлива. В основном разжижают масло фракции, выкипающие при температуре выше 180°C. С увеличением температуры конца кипения возрастает износ двигателя и расход топлива.

На карбюрационные свойства влияет также скрытая теплота испарения топлива. Энергия, затрачиваемая на испарение, обеспечивает снижение температуре во впускном трубопроводе, что полезно, т.к. улучшает наполнение цилиндров двигателя.

## 5. Основные показатели качества бензина. Ассортимент бензинов.

Отклонение плотности бензина от расчетной изменяет уровень топлива в поплавковой камере и качество смеси.

Вязкость бензина определяет скорость его прохождения через распылитель, т.е. расход.

Давление, которое оказывают пары испаряющейся жидкости, называется упругостью паров. Обычно упругость паров пропорциональна количеству легкокипящих углеводородов в бензине. Чем больше упругость паров, тем выше склонность двигателя к образованию паровых пробок, ухудшению наполнения и перегреву.

В жидкостях обычно имеется растворенный воздух, собирающийся в пузырьки, в которые и происходит испарение жидкости. Размеры паровоздушных пузырьков в топливе зависят от давления насыщенных паров. Давление насыщенных паров возрастает с температурой и по мере роста пузырьков горючая смесь объединяется, а работа двигателя ухудшается.

ассмотрим влияние различных факторов на нагарообразование. Чем тяжелее фракционный состав и выше плотность, чем больше в топливе не-предельных углеводородов, тем выше склонность к нагарообразованию.

Количество смол не остается постоянным, а увеличивается под действием внешних условий: тепла, света, кислорода и др. Увеличение содержания смол происходит за счет полимеризации и окисления непредельных и других нестойких углеводородов. Стабильность топлива связана в основном с его склонностью к смелообразованию. Для крекинг - бензинов добавляют в качестве стабилизаторов обычно фенольные соединения.

В топливе не допускается наличие минеральных кислот и щелочей, растворимых в воде. При проверке пробу топлива смешивают с горячей дистиллированной водой, а после отстаивания и расслоения водный слой проверяют индикаторами - фенолфталеином и метилоранжем.

Содержание органических кислот в топливе ограничивается и проверяется вытяжкой кипящим этиловым спиртом с последующим контролем индикатором.

При повышенном содержании серы в топливе во время сгорания образуются сернистый и серный ангидриды, которые, соединяясь с парами воды, образуют кислоты.

Смолы – это темно-коричневые жидкые или полужидкие вещества с плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>, молекулярной массой 350-900, обладает сильной красящей способностью, легко растворяются во всех нефтепродуктах и органических растворителях.

Стандартом нормируется количество фактических смол. Сущность определения (в соответствии с ГОСТ) заключается в испарении горячим воздухом 25 мл топлива при температуре 150°C. Остаток после испарения в миллиграммах на 100 мл топлива показывает количество фактических смол. Для бензинов различных марок их содержание не должно превышать 7-10 мг/100 мл. Тогда двигатель будет работать без повышенного образования отложений во впускной системе и без значительного нагарообразования в ка-

мере сгорания. Если содержание фактических смол в 2-3 раза больше нормы, то ресурс двигателя снижается на 25%, кроме этого, при эксплуатации могут зависать клапаны, за-коксовываться поршневые кольца.

#### Ассортимент бензинов

Требования к бензину зависят от конструктивных особенностей двигателя и условий эксплуатации автомобиля. Нефтеперерабатывающей промышленностью выпускается несколько марок автомобильных бензинов, каждая из которых предназначена для определенных моделей автомобилей с учетом климатических условий эксплуатации. ГОСТ 2084-77 предусматривает выпуск автомобильных бензинов марок А-76, АИ-93, АИ-95. ТУ 38.001165-87 предусматривают выпуск автомобильного бензина марки АИ-92. ТУ 38.401-58-122-95 предусматривают выпуск автомобильного бензина марки АИ-98. Каждая марка бензина имеет условное обозначение, в которое входят буквы и цифры.

Буква А означает, что бензин является автомобильным, буква И указывает на то, что детонационная стойкость определена по исследовательскому методу (обычно получается на 4-6 и более единиц выше октанового числа по моторному методу), а цифры – на минимальное октановое число. Отсутствие буквы И в маркировке означает, что октановое число такого бензина определяется только по моторному методу. Этилированные бензины от неэтилированных отличаются цветом: А-76 – желтый; АИ-93 – оранжево-красный и АИ-98 – синий цвет.

Для бензинов в зависимости от октанового числа были установлены следующие марки: "Нормаль-80", "Регуляр-92", "Премиум-95" и "Супер-98". Октановое число этих бензинов, указанное в маркировке, определено исследовательским методом. В настоящее время выпуск бензина марки «Нормаль-80» прекращен, а марки «Регуляр-92» - ограничен.

## 6. Изменение свойств бензина при транспортировке и хранении. Меры борьбы с потерями бензина

При транспортировке, хранении и заправках происходят количественные и качественные потери нефтепродуктов. При перевозке бензина в автоцистерне происходит часто смешивание его с остатками предыдущего нефтепродукта. Если в бензин попадает дизельное топливо - повышается содержание смолистых веществ, утяжеляется фракционный состав. Если попадает вода, то повышается коррозионное действие бензина.

При заполнении цистерн, транспортировке и отпуске из бензина испаряются легколетучие фракции, что ухудшает пусковые свойства и снижает октановое число бензина. Одной из причин испарения легколетучих фракций бензина является неисправность дыхательных клапанов емкостей для хранения топлива.

Бензин - легкоподвижная маловязкая жидкость, которая просачивается по тончайшим каналам, где не проходят вода и керосин. Утечка 1 капли бензина в секунду составляет 3,5 кг в сутки.

В процессе транспортировки и хранения бензины окисляются с образованием смолистых веществ и различный кислых соединений. Часть образующихся продуктов растворяется в бензине, а часть выпадает в осадок. Кроме окисления возможно превращение малостойких легких углеводородов (обычно с открытыми двойными цепями), вступающих в соединение друг с другом и образующих высокомолекулярные соединения, выпадающие в осадок. Наличие в емкостях вода, окалины, минеральных и органических примесей инициирует окисление и резко ухудшает качество бензинов.

#### Изменение свойств бензина при транспортировке и хранении. Меры борьбы с потерями бензина

- Сокращение газового пространства резервуаров, которые должны заполняться на 90% объема с целью уменьшения количества кислорода и замедления окислительных процессов.

- Уменьшение амплитуды колебаний температуры паровоздушного пространства резервуара за счет затенения их, окраски белой, розовой свет-ло-голубой красками, поскольку алюминиевая краска увеличивает потери на испарение по сравнению с белой в два раза.

- Бензин в емкости должен находиться под небольшим давлением, т.е. с правильно оборудованными дыхательными клапанами.

- Ликвидация утечек бензина, исключение перевозки в бочках, исключение потерь при переполнении баков во время заправки.

- Недопущение заполнения баков струей, падающей с большой высоты.

### **1. 3 Лекция №3 (2 часа).**

**Тема:** «Эксплуатационные свойства дизельных топлив. Альтернативное топливо.»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Эксплуатационные свойства дизельного топлива
2. Ассортимент дизельного топлива.
3. Альтернативное топливо.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Эксплуатационные свойства дизельного топлива**

Дизельное топливо используют в двигателях с воспламенением от сжатия, называемых дизелями. Воздух и топливо подаются в камеру сгорания раздельно. В ходе всасывания в цилиндр поступает свежий воздух; при втором ходе сжатия – воздух сжимается до 3 ... 4 МПа (30 ... 40 кгс/см<sup>2</sup> результат сжатия температура воздуха достигает 500 ... 700 °С. В конце сжатия в цилиндр двигата впрыскивается топливо, образуя рабочую смесь, которая нагревается до температуры тела самовоспламенения и воспламеняется.

Впрыскиваемое топливо распыляется форсункой, которая помещается в камере сгорания или в фор-камере. Средний диаметр капель топлива составляет примерно 10 ... 15 мкм. По сравнению с карбюраторными двигателями дизельные двигатели отличаются высокой экономичностью, так как работают с более высокими степенями сжатия (12 ... 20 вместо ... 10) и коэффициентом избытка воздуха  $\alpha=1,4 \dots 1,5$ . Вследствие этого удельный расход топлива у них ниже, чем у карбюраторных двигателей.

Дизельные двигатели более надежны в эксплуатации и более долговечны, они обладают лучшей приемистостью, т.е. легче набирают обороты и преодолевают перегрузки. В то же время, дизели отличаются большей сложностью в изготовлении, большими габаритами и меньшей мощностью на единицу веса. Но, исходя из более экономичной и надежной работы, дизели успешно конкурируют с карбюраторными двигателями.

Для обеспечения долговечной и экономичной работы дизельного двигателя дизельное топливо должно отвечать следующим требованиям:

- иметь хорошее смесеобразование и воспламеняемость;
- обладать соответствующей вязкостью;
- иметь хорошую прокачиваемость при различных температурах окружающего воздуха;
- не содержать сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей воды.

Свойство дизельного топлива, характеризующее мягкую или жесткую работу дизеля, оценивают по его самовоспламеняемости. Эту характеристику определяют путем сравнения дизеля на испытуемом и эталонном топливе. Оценочным показателем служит цетановое число топлива.

Топливо, поступающее в цилиндры дизеля, воспламеняется не мгновенно, а через некоторый промежуток времени, который называется периодом задержки самовоспламенения. Чем он меньше, тем за меньший промежуток времени топливо сгорает в цилиндрах дизеля. Давление газов нарастает плавно, и двигатель работает мягко (без резких стуков). При

большом периоде задержки самовоспламенения топливо сгорает за короткий промежуток времени, давление газов нарастает почти мгновенно, поэтому дизель работает жестко (с со стуком). Чем выше цетановое число, тем меньше период задержки самовоспламенения дизельного топлива, тем мягче работает двигатель.

Самовоспламеняемость дизельного топлива оценивается обычно путем сравнения ее с самовоспламеняемостью эталонных топлив. В качестве эталонных топлив используется нормальный парафиновый углеводород цетан ( $C_{16}H_{34}$ ), имеющий малый период задержки самовоспламенения (самовоспламеняемость цетана условно принята за 100) и ароматический углеводород  $\alpha$ -метилнафталин  $C_{10}H_7CH_3$ , который имеет большой период задержки самовоспламенения (самовоспламеняемость его условно принята за 0).

Цетановое число топлива численно равно процентному содержанию цетана в его смеси с  $\alpha$ -метилнафталином, которая по характеру сгорания (по самовоспламеняемости) равнозначна испытуемому топливу. Используя эталонные топлива, можно получать смеси с любыми цетановыми числами от 0 до 100.

Цетановое число можно определить тремя способами: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения и по критической степени сжатия. Цетановое число дизельных топлив обычно определяют по методу "совпадения вспышек" на установках ИТ9-3, ИТ9-3М или ИТД-69 (ГОСТ 3122-67). Это одноцилиндровые четырехтактные двигатели, оборудованные для работы с воспламенением от сжатия. Двигатели имеют переменную степень сжатия  $\epsilon = 7 \dots 23$ . Угол опережения впрыска топлива устанавливается равным  $13^\circ$  до верхней мертвой точки (В.М.Т). Изменением степени сжатия добиваются, чтобы воспламенение происходило строго в В.М.Т. При определении цетанового числа дизельных топлив частота вращения вала одноцилиндрового двигателя должна быть строго постоянной ( $n = 900 \pm 10$  об/мин).

После этого подбирают два образца эталонных топлив, один из которых дает совпадение вспышек (т.е. задержку самовоспламенения, равную  $13^\circ$ ) при меньшей степени сжатия, а второй – при более высокой степени сжатия.

Путем интерполяции находят смесь цетана с  $\alpha$ -метилнафталином, эквивалентную испытуемому топливу, и таким образом устанавливается его цетановое число.

Цетан и  $\alpha$ -метилнафталин довольно дороги, поэтому в качестве вторичных топлив используются парафинистый газойль с ЦЧ = 55 и зеленое масло с ЦЧ = 20. Вторичные эталонные топлива тарируются по первичным.

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают парафиновые углеводороды нормального строения. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов.

Оптимальным цетановым числом дизельных топлив является 40 – 50. Применение топлив с ЦЧ < 40 приводит к жесткой работе двигателя, а ЦЧ > 50 – к увеличению удельного расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания. Летом можно успешно применять топлива с ЦЧ равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя требуется ЦЧ > 45.

Применение дизельного топлива с цетановым числом менее 40 ед. приведет к увеличению периода задержки самовоспламенения и возникновению жесткой работы, а выше 50 ед. – нецелесообразно, так как при этом возрастает расход топлива из-за уменьшения полноты его сгорания, повышается дымность отработавших газов.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива к нему добавляют специальные высокозециановые присадки: синтин (продукт синтеза окиси углерода и водорода), перекись углеводородов, нитросоединения. Однако они широкого распространения не получили из-за невысокой стабильности при хранении, и большой взрывоопасности.

На сгорание дизельного топлива значительное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Положительно влияет повышение степени сжатия  $\epsilon$ , а следовательно, температуры и давления воздуха, при этом улучшается процесс сгорания, двигатель работает более мягко.

Увеличение угла опережения впрыска топлива отрицательно сказывается на самовоспламенении, ибо топливо впрыскивается в менее сжатую и нагретую среду и работа двигателя становится более жесткой, а также из-за преждевременного сгорания большей части топлива значительное давление развивается до прихода поршня в ВМТ, что вызывает потерю мощности.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать интенсивное вихреобразование при сжатии воздуха, что уменьшает время нагрева топлива. В качестве материала для поршней лучше использовать не алюминий, а чугун, так как он обладает меньшей теплопроводностью, следовательно, при поршнях из чугуна более интенсивно будут нагреваться воздух и топливо, что способствует уменьшению времени сгорания топлива.

Оценивают качество дизельного топлива по фракционному составу, который определяют так же как и бензина, и еще по температуре вспышки.

Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле. Низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива, что улучшает сгорание. С повышением плотности и вязкости увеличивается диаметр капель, ухудшается полное их сгорание, увеличивается удельный расход топлива, растет дымность продуктов сгорания. Слишком низкая вязкость топлива ведет к повышенному износу плунжерных пар форсунок, слишком высокая же вязкость ухудшает фильтрацию топлива и затрудняет работу топливных насосов.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Стандартом на дизельное топливо вязкость нормируется в достаточно широких пределах. Вязкость топлива в пределах  $1,8 \dots 7,0 \text{ мм}^2/\text{с}$  практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных двигателей.

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура застывания  $t_{\text{заст}}$  и помутнения  $t_{\text{п}}$ , предельная температура фильтрации  $t_{\text{пр. ф.}}$ .

Температура застывания характеризует потерю текучести (подвижности) топлива с понижением температуры из-за увеличения вязкости и выделения кристаллов парафинов. При достижении  $t_{\text{заст}}$  невозможна подача топлива в цилиндры двигателя.

Температура помутнения – это температура, при охлаждении, до которой топливо начинает мутнеть вследствие образования микрокристаллов парафинов. Надежная подача топлива обеспечивается при температуре окружающей среды на  $3 \dots 5^{\circ}\text{C}$  выше его температуры помутнения. Наиболее низкая температура, при которой еще возможно протекание топлива через топливный фильтр тонкой очистки, называется предельной температурой фильтрации.

Степень чистоты дизельных топлив. Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости. Пыль, песок, окалина определяют эффективность и надежность работы двигателя и его топливной аппаратуры. Частицы загрязнений размером  $> 4,0 \text{ мкм}$  вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры.

Температура помутнения топлива зависит от содержания в нем воды. Кристаллы льда, образующиеся при отрицательных температурах, задерживаются фильтром (повышается коэффициент фильтруемости). Фильтры и калибровочные отверстия форсунки забиваются, нарушается подача топлива. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с предприятий, находится в пределах  $1,5 \dots 2,5$ .

Температура вспышки характеризует пожарную опасность топлива при его транспортировке и хранении. Согласно ГОСТ 305-82 нефтеперерабатывающие предприятия выпускают топлива с температурой вспышки не ниже  $40^{\circ}\text{C}$  – для дизелей общего назначения и не ниже  $62^{\circ}\text{C}$  – для тепловозных и судовых дизелей. Низкая температура вспышки указывает на наличие легких компонентов, присутствие которых может быть опасно также и при работе двигателей. Поднять температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а, следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

Содержание серы, водорастворимых кислот, щелочей, непредельных углеводородов. Все эти соединения вредно отражаются на долговечности дизелей, приводят к повышен-

ной коррозии и износу, нагарообразованию.

Соединения серы образуют при сгорании  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ , что повышает точку росы водяного пара, усиливая этим процесс образования  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Допустимое содержание серы регламентируется стандартами на дизельное топливо и не должно превышать 0,2 ... 0,5 %.

При сгорании топлив, содержащих непредельные углеводороды, вследствие окисления в цилиндре двигателя образуются смолистые вещества, приводящие к нагарообразованию. Содержание фактических смол не должно превышать 40 мг на 100 мл топлива.

Стандартами предусмотрена предельная кислотность дизельных топлив. Она не должна превышать 5 мг на 100 мл дизельных топлив. Не допускается наличие минеральных (водорастворимых) кислот и щелочей, которые могут остаться в топливе в результате недостаточной промывки и отстоя топлива по-сле его очистки.

## 2. Ассортимент дизельного топлива

На сегодняшний день согласно техническим условиям выпускается дизельное топливо трех марок, взамен восьми выпускемых ранее.

В зависимости от условий применения утверждены следующие марки дизельного топлива: Л – летнее предназначено для применения от 0 °C и выше, З – зимнее применяемое от –20 °C до 0 °C, и А – арктическое применяемое от –50 °C до –20 °C.

Принято следующее условное обозначение дизельного топлива. Например: Л-0,2-40 – здесь Л – летнее, 0,2 – содержание серы 0,2 %, 40 – температура вспышки °C; З-0,2-35 – здесь З – зимнее, 0,2 – содержание серы 0,2 %, 35 – температура застывания –35 °C; у арктического топлива отражается только содержание серы А-0,4 – А – арктическое, 0,4 – содержание серы в %.

Для средних и малооборотистых двигателей вырабатывается моторное топливо марок ДТ и ДМ. Топливо этих марок представляет собой смесь дистиллятов с остаточными продуктами (мазутами) прямой перегонки нефти. Эти двигатели в основном эксплуатируются на стационарных установках. Моторное топливо ДМ (дизельный мазут) рекомендуется для судовых малооборотных двигателей.

Для улучшения качества дизельных топлив на нефтеперерабатывающих заводах применяют присад-ки: изопропилнитрат и циклогексилнитрат – для повышения цетанового числа, присадка ПДП – для улучшения низкотемпературных свойств.

В настоящее время появилась возможность использовать летние марки дизельного топлива зимой при температуре до минус 30 °C, добавляя в топливо депрессорную присадку "Аспект-Д". Присадка допущена к применению научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта, НАМИ, Министерством топлива и энергетики, Министерством сельского хозяйства, Министерством обороны России. Присадка "Аспект-Д", а также гамма других препаратов под фирменным названием "Аспект-модификатор" выпускается АО "АМТЕК".

Депрессорная присадка "Аспект-Д" обеспечивает надежность работы двигателя на летнем дизель-ном топливе в зимний период, снижает температуру застывания дизельного топлива на 10 ... 20 °C, полностью растворяется в дизельном топливе. Присадка заливается в летнее топливо из расчета 0,05 ... 0,1 % объема.

При увеличении дозы до 0,3 % объема температура застывания топлива снижается до –25 ... 30 °C. Товарные топлива для быстроходных дизелей получают путем смешения керосино-газойлевых фракций прямой перегонки нефти до гидроочистки и после гидроочистки в таком соотношении, чтобы обеспечить требования ГОСТ 305–82 по содержанию серы.

## 3. Альтернативное топливо.

Возникающая нехватка нефтяного топлива будет покрываться за счёт альтернативных топлив, объём производства и применения которых будет в это время непрерывно расти. Этому будет способствовать увеличение затрат на добычу нефти, т.к. 41% разведанных запасов нефти уже извлечены, а новые месторождения находятся в труднодоступных местах и требуют больших затрат на разработку

В связи с этим ученые развитых стран прогнозируют постепенную замену нефтяного топлива на альтернативные, в качестве которых будут использоваться природные горючие газы, добываемые из газовых и нефтяных месторождений, а также промышленные газы, получаемые при переработке нефти, нефтяных газов и твердых горючих ископаемых.

Газовое топливо, применяемое для автомобилей, находится в сжиженном или сжатом состоянии. В частности, для автомобилей, работающих на сжиженном газе, ГОСТ 20448-80 предусматривает выпуск двух марок газов: СПВТз (смесь пропана и бутана техническая зимняя) и СПБТл (смесь пропана и бутана техническая летняя). ГОСТ регламентирует основные показатели газов этих марок. Следует отметить, что ГОСТ 27578-87 предусматривает применение ещё двух видов сжиженных газов: ПА - пропан автомобильный и ПБА - пропан-бутан автомобильный. Применение газов как топлив зависит от климатических районов.

К группе альтернативных, можно отнести газоконденсаторные топлива.

Во многих странах находят применение синтезированные из каменного и бурого угля спиртовые топлива: метанол и этанол. Применение этих топлив в двигателях внутреннего сгорания можно как в смеси с бензином, так и в чистом виде.

Биодизель — топливо на основе жиров животного, растительного и микробного происхождения, а также продуктов их этерификации.

Для получения биодизельного топлива используются растительные или животные жиры. Сырьём могут быть рапсовое, соевое, пальмовое, кокосовое масло, или любого другого масла-сырца, а также отходы пищевой промышленности. Разрабатываются технологии производства биодизеля из водорослей. Существенным преимуществом является экологичность продуктов сжигания биотоплива в сравнении с канцерогенными выхлопами бензиновых и дизельных двигателей.

Использование водорода в качестве топлива. Сложность при этом заключается в обеспечении необходимого запаса топлива на борту автомобиля и его полной пожаро- и взрывобезопасности.

С видом на перспективу экономии бензина ведутся работы по применению воды в качестве компонента топлива. Однако механизм действия воды на процесс сгорания изучен не полностью.

Возможно использование водно-бензиновой эмульсии (ВБЭ) и водотопливных эмульсий (ВТЭ) в дизелях.

#### **1.4 Лекция №4 (2 часа).**

**Тема: «Основы применения смазочных материалов»**

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Понятие о трении и его видах.
2. Виды изнашивания поверхностей деталей.
3. Виды смазочных материалов и их характеристика.
4. Назначения смазочных материалов и предъявляемые к ним требования.

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Понятие о трении и его видах.

При работе различных узлов и механизмов происходит взаимное перемещение соприкасающихся поверхностей деталей, при котором возникает трение. В результате трения детали изнашиваются. По-скольку сила трения направлена по касательной к поверхности

трущихся деталей в сторону, противоположную движению, то она является вредной. От силы трения, на преодоление которой затрачивается энергия, будет зависеть коэффициент полезного действия механизма, а от характера трения – износ поверхностей и срок службы механизма. Но, надо отметить что, трение может быть полезным в том случае, когда оно применяется для передачи усилий (фрикционные передачи, тормозные системы и др.).

В зависимости от характера относительного перемещения деталей различают трение скольжения (трение первого рода) и трение качения (трение второго рода). Существует также статическое трение – сила, препятствующая началу движения, и динамическое трение – сила, возникающая при движении поверхностей.

Под *трением* (внешним) понимают сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним. Уменьшение потерь на трение и снижение интенсивности изнашивания поверхностей деталей – основное назначение смазочных материалов. Кроме того, в зависимости от условий применения смазочные материалы выполняют и другие функции: отводят теплоту от нагреваемых поверхностей, предохраняют их от коррозии, очищают от накапливающихся продуктов износа и механических примесей, герметизируют узлы трения.

По характеру взаимоперемещения трущихся деталей различают два вида трения: трение покоя – трение двух тел при предварительном смещении и трение движения – трение двух тел, находящихся в относительном движении. Трение движения в свою очередь подразделяется по характеру движения (трение скольжения и трение качения) и по наличию смазочного материала (трение без смазки, граничное трение и жидкостное трение).

Трение скольжения возникает при движении соприкасающихся тел, у которых скорости в точках касания различны (при поступательном движении одной поверхности по другой или при вращении одной детали внутри другой). Оно может быть сухим, граничным и жидкостным. Сухое трение сопровождается существенными потерями мощности, выделением тепла, износом. При трении качения скорости в точках касания одинаковы по величине и направлению. Трение качения с проскальзыванием возникает при одновременном качении и скольжении соприкасающихся тел.

*Сухое трение* – это трение двух твердых тел при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала (рисунок 4.1). Граничное трение возникает в том случае, когда поверхности трения разделены слоем смазки настолько малой толщины (менее 0,1 мкм), что свойства этого слоя отличаются от объемных свойств, а сила трения зависит только от природы и состояния тру

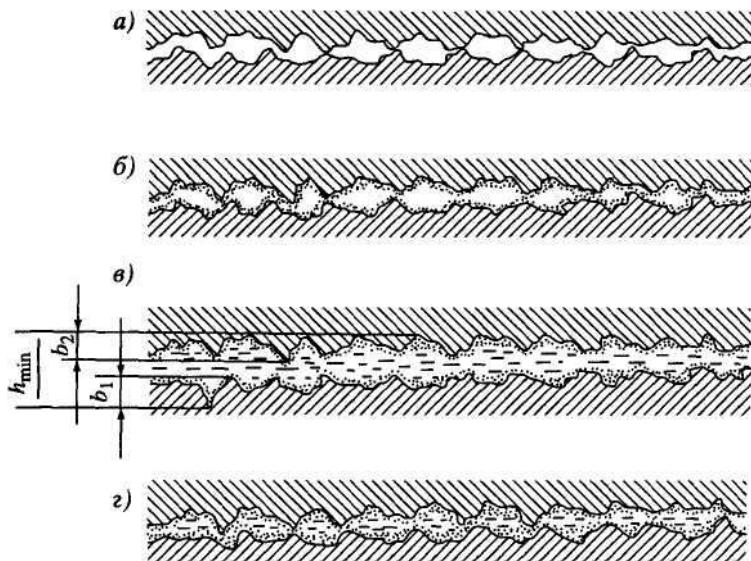


Рисунок 1 Виды трения по наличию смазочного материала:  
а - трение без смазки;      б - граничное трение;  
а - трение без смазки;      б - граничное трение;

в - жидкостное трение; г - смешанное трение. трущихся поверхностей. При жидкостном трении смазочный слой полностью отделяет взаимопротивляющиеся рабочие поверхности одну от другой и имеет толщину, при которой проявляются нормальные объемные свойства масла.

Трение скольжения возникает при поступательном движении одной поверхности по другой или при вращении одной детали внутри другой. В подавляющем большинстве случаев в ДВС наблюдается трение скольжения: перемещение поршня в цилиндре, вращение коленчатого вала в подшипниках, движение штанг толкателей клапанов по направляющим и т.д.

Трение качения наблюдается, когда одно тело перекатывается по поверхности другого (шариковые и роликовые подшипники, движение колеса). Здесь контакт может быть точечным или линейным. Трение качения значительно меньше не только сухого трения скольжения, но и трения скольжения смазанных поверхностей. Поэтому всегда, где возможно трение скольжения заменяют трением качения.

Если трущиеся поверхности полностью разделены слоями масла, то трение между металлами заменяется трением между частицами масла – обеспечивается жидкостное трение. Для этого минимальная толщина смазочного слоя должна быть больше, чем суммарная высота микровыступов, имеющихся на поверхности трения по формуле,

$$h_{\min} \geq 1.5(b_1 + b_2),$$

где  $b_1, b_2$  - высота микронеровностей поверхностей трения, мкм;

$h_{\min}$  - минимальная толщина масляной пленки при жидкостном трении, мкм.

*Смешанный (полужидкостный) режим* возникает, когда между поверхностями трения наблюдается частичное разрушение масляного слоя, имеет место контакт микронеровностей. При этом наблюдается граничное, а иногда и сухое трение. В двигателях и других агрегатах есть узлы, где не всегда обеспечивается жидкостное трение, например нагруженные зубчатые передачи, сопряжение цилиндр-поршень. Многие узлы, работающие при установившемся режиме при жидкостном трении, имеют смешанное трение в период пуска, прогрева и остановки.

*Граничным* называют такой режим трения, когда трущиеся поверхности разделены только тонкой адсорбированной масляной пленкой. Коэффициент трения в этом случае ниже сухого, но выше жидкостного. В режиме граничного трения нередко работают трущиеся сопряжения при эксплуатации машин: малые скорости и высокие нагрузки, пуск и остановка, преодоление кратковременных перегрузок.

К причинам затрат энергии на трение без смазки относят: механическое зацепление неровностей (шероховатостей) одной трущейся поверхности за неровности другой при их перемещении, силы межмолекулярного притяжения, явление сваривания трущихся пар – отдельных острых выступов в условиях высоких удельных давлений и значительном выделении тепла, что может привести к катастрофическому изнашиванию деталей.

## 2. Виды изнашивания поверхностей деталей.

Процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела или накопления его остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров или формы тела, называют изнашиванием, а износом — результат изнашивания, определяемый в установленных единицах (длина, объем, масса и т. п.).

Изнашивание — это сложная совокупность явлений, обусловленных физико-механическим и химическим взаимодействием поверхностей деталей одной с другой и с

окружающей средой. Его интенсивность зависит от внешних и внутренних факторов, действующих в области контакта. Чем интенсивнее внешнее воздействие и чем менее стоеч материал деталей, тем больше износ.

В большинстве случаев изнашивание происходит при трении. При этом различают нормальное изнашивание, характеризующееся состоянием динамического равновесия при механохимическом разрушении и восстановлении поверхностной микроструктуры, и повреждаемость — резко выраженное изнашивание, сопровождающееся изменением макро-геометрических характеристик, структуры и свойств поверхностных слоев. Конечный результат изнашивания — изменение размеров, формы и свойств материала деталей.

Изнашивание практически никогда не бывает однозначно: абразивное может сопровождаться усталостным, кавитационное — гидроабразивным. Но в большинстве случаев один из видов изнашивания является основным, определяющим срок службы детали.

Различают три группы: механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное изнашивания, которые в свою очередь Делят на несколько видов.

Абразивное изнашивание характеризуется процессами пластической деформации и резания, происходящими в микроскопических объемах поверхностных слоев материала. При взаимном скольжении двух тел происходит внедрение абразивных частиц в поверхности трения, смятие и срезание ими наружных слоев с этих поверхностей. При этом абразивные частицы могут попадать на поверхности трения извне, быть частью поверхности трения (более твердые гребешки неровностей одной из поверхностей) или же возникать при трении как результат процесса резания.

Глубина зоны пластической деформации колеблется от 0,0005 до 0,05 мм. Она уменьшается при увеличении скорости скольжения и растет при повышении давления в месте контакта.

Для повышения износостойкости деталей, подверженных абразивному изнашиванию, трущиеся поверхности упрочняют, их разделяют слоем смазочного материала, защищают зоны трения от попадания абразивных частиц и эффективно удаляют продукты износа.

Изнашивание при заедании происходит в процессе трения в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия образовавшихся неровностей на сопряженную поверхность.

В настоящее время существует несколько теорий о возникновении заедания.

Согласно, поверхности трения имеют защитные слои, образованные в результате механической обработки, силового взаимодействия поверхностей между собой, с окружающей средой и со смазочным материалом. Слои состоят из окисных пленок и твердого раствора кислорода в металле. При трении в местах соприкосновения защитные слои разрушаются и вновь восстанавливаются, предохраняя микронеровности поверхностей от молекулярного контакта. В случае, когда разрушительный процесс становится превалирующим, происходит оголение внутренних слоев, сопровождающееся схватыванием, образованием «мостиков сварки», их разрывом и захватом металла. При дальнейшем развитии процесс заедания развивается лавинообразно, в результате чего на поверхностях образуются задиры и даже возможно заклинивание трущихся поверхностей.

Для повышения износостойкости при заедании следует увеличивать вязкость смазочных материалов, уменьшать скорости скольжения и удельные нагрузки. Большое значение имеет также правильный выбор материала пар трения.

Усталостное изнашивание возникает под воздействием циклических нагрузок и проявляется как результат усталости материала, под которой понимается процесс постепенного накопления повреждений, приводящих к изменению его свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению Детали.

При развитии усталости различают 3 периода. В начальный период энергия, подводимая к Детали при циклическом нагружении, вызывает в металле волны пластической деформации, кото-Рая в свою очередь воздействует на кристаллическую решетку. От при-

ложенных сил в ней возникают локальные напряжения, достигающие при достаточно большом числе циклов нагружения критических значений. В этом случае значения модуля упругости, гости, твердости и предела прочности металла соответствуют его состоянию при нагреве до температуры плавления. Возникает ползучесть кристаллической решетки, сопровождающаяся ее разрушением и образованием микротрещин.

Во втором периоде происходит развитие микротрещин усталости. Подводимая энергия расходуется на разрушение межатомных связей.

В третьем периоде микротрещины развиваются в макротрещины. В дальнейшем процесс может идти по пути образования сетки трещин, отслоений и выкрашивания металла либо по пути образования единичных достаточно протяженных трещин. Последний более опасен, так как имеет скрыто протекающую и трудно диагностируемую стадию накопления остаточных результатов взаимодействия и часто сопровождается разрушением детали. Подобным образом разрушаются детали металлоконструкций.

Усталостное изнашивание возникает при различных способах циклического нагружения: при действии нормальных нагрузок, изгибающих или крутящих моментов (в металлоконструкциях и в деталях машин) при упругой деформации, распространяющейся в виде волн вдоль поверхности трения (на поверхностях трения, качения или скольжения).

Сопротивление усталости определяет деформация кристаллических решеток. Поэтому для повышения износостойкости деталей необходимо: увеличивать поверхностную твердость путем специальной механической, термической или химико-термической обработки; выбирать рациональные конструкцию и технологию изготовления детали, чтобы избежать концентраторов напряжения на поверхности и внутри материала (пор, раковин, термических напряжений в сварных швах); улучшать условия работы деталей (предотвращать возникновение резонансных колебаний, уменьшать коррозионное воздействие среды).

Изнашивание при фреттинге по физической картине аналогично абразивному и усталостному, протекающим одновременно, но в отличие от них происходит при малых колебательных перемещениях поверхностей (шпоночных и шлицевых соединений). Износ при фреттинге ввиду малых относительных скоростей перемещения и отсутствия посторонних абразивных частиц существенно ниже. Однако отрицательным фактором является невозможность удаления продуктов износа из мест трения.

Пластическое течение материала возникает в результате действия сил трения при взаимном перемещении деталей. В месте контакта на поверхностях образуется упругая волна деформации, распространяющаяся в направлении относительного скольжения. При недостаточной твердости поверхностного слоя материала она вызывает его перемещение. В результате при большом числе циклов нагружения, например при обкатывании зубчатых колес, постепенно изменяется форма поверхности.

Гидроабразивное изнашивание — это результат абразивного действия твердых частиц, взвешенных в жидкости и перемещающихся относительно изнашиваемого тела. Характер изнашивания и размер износа зависят от количества абразивных частиц в потоке их размеров, твердости и скорости потока. Износостойкость деталей может быть повышена путем уменьшения скорости потока, применения плавных переходов в трубопроводах и увеличения радиусов поворота, а также использования дополнительных защитных устройств, например бронедисков в грунтовых насосах.

Газоабразивное изнашивание по характеру аналогично гидроабразивному, однако его интенсивность ниже, так как твердость частиц перегружаемого материала (зерна, цемента) существенно меньше по сравнению с частицами пульпы.

Кавитационное изнашивание возникает при движении твердого тела относительно жидкости. Течение жидкости характеризуется неравномерным давлением в потоке. Если оно упадет до некоторого критического значения  $p_i$  (рис. 38), равного давлению насыщенных паров, в макрообъемах жидкости возникают условия для ее испарения и выделения растворенного газа, а следовательно, и для образования кавитационных пузырьков или

каверн. Такие условия возникают при резком увеличении скорости течения из-за сужения сечения потока, при вихреобразовании — в центре вихря, при крутом изменении направления скорости потока.

Обычно оба процесса — испарение и выделение растворенных газов происходят параллельно. Но поскольку процесс выделения газов протекает относительно медленно, в практике приходится сталкиваться преимущественно с паровой кавитацией.

При кавитации поток жидкости становится двухфазным, что само по себе ухудшает условия работы машин (снижает к. п. д. трубопроводов, насосов). Однако главным является разрушающий эффект кавитации, заключающейся в том, что при последующем повышении давления в жидкости (при уменьшении скорости потока) пузырьки разрушаются, вызывая появление микрогидравлических ударов, бомбардирующих и разрушающих поверхности, которые обтекают жидкость.

Кавитационному изнашиванию подвержены все детали, работающие в среде движущейся жидкости. Уменьшить вредное влияние кавитации можно путем улучшения условий обтекания: придания деталям плавной формы, уменьшения шероховатости поверхностей и т. п.

Коррозионно-механическое изнашивание является результатом механического воздействия, сопровождаемого химическим взаимодействием материала со средой.

Окислительное изнашивание возникает на поверхности трения и протекает следующим образом. Взаимодействие трущихся поверхностей вызывает микропластическую деформацию поверхностного слоя металла, в который из окружающей среды диффундирует кислород. В результате образуется легкотекущий тонкий слой металла, который выдавливается и удаляется из контактной зоны в виде продуктов износа.

На следующей стадии после предельного насыщения металла кислородом образуются его окислы, обладающие высокой твердостью и хрупкостью. В связи с отсутствием пластичности возникший корковый слой легко разрушается, вызывая сопутствующее абразивное изнашивание.

Стойкость к окислительному изнашиванию зависит от твердости металла и его химической стабильности. Поэтому для ее повышения необходимо упрочнять поверхности, применять стойкие к окислению металлы или насыщать поверхность детали инертными элементами.

Изнашивание при фреттинг-коррозии — это изнашивание при фреттинге, происходящее в окислительной среде, вследствие чего интенсивность его увеличивается, так как возникающие в результате окисления и отковавшиеся твердые частицы коркового слоя сами являются абразивным материалом, ускоряющим процесс.

Электроэррозионное изнашивание возникает на поверхности контактов в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока. При размыкании образуется электрический разряд, в результате чего контакты в пределах сечений, через которые проходит ток разрыва, кратковременно интенсивно нагреваются и расплавляются, происходит рассеивание и перенос с одной поверхности на другую частиц металла. При этом уменьшаются площади поверхности контактов, что в свою очередь ведет к росту переходного сопротивления и искрообразования. Изменяется форма контактов, их поверхность постепенно выгорает и становится пористой.

Для уменьшения электроэррозионного изнашивания необходимо следить за чистотой контактов, своевременно восстанавливать их форму и предотвращать вибрацию.

### 3. Виды смазочных материалов и их характеристика.

Смазочные материалы классифицируются на группы в зависимости от следующих признаков: про-исхождение или исходное сырье для получения; внешнее состояние; назначение.

По происхождению или исходному сырью различают такие смазочные материалы:

– минеральные, или нефтяные, являются основной группой выпускаемых смазочных масел (более 90 %). Их получают при соответствующей переработке нефти. По способу получения такие материалы классифицируются на дистиллятные, остаточные, компаундированные или смешанные;

– растительные и животные, имеющие органическое происхождение. Растительные масла получают путем переработки семян определенных растений. Наиболее широко в технике применяются касторовое масло .

– животные масла вырабатывают из животных жиров (баранье и говяжье сало, технический рыбий жир, костное и спермацетовые масла и др.).

– органические, масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами и более низкой термической устойчивостью. В связи с этим их чаще используют в смеси с нефтяными;

– синтетические, получаемые из различного исходного сырья многими методами (катализическая полимеризация жидких или газообразных углеводородов нефтяного и не-нефтяного сырья; синтез кремнийорганических соединений – полисиликонов; получение фтороуглеродных масел). Синтетические масла обладают всеми необходимыми свойствами, однако из-за высокой стоимости их производства применяются только в самых ответственных узлах трения.

По внешнему состоянию смазочные материалы делятся на:

– жидкые смазочные масла, которые в обычных условиях являются жидкостями, обладающими текучестью (нефтяные и растительные масла);

– пластичные, или консистентные, смазки, которые в обычных условиях находятся в мазеобразном состоянии (технический вазелин, солидолы, консталины, жиры и др.). Они подразделяются на анти-фрикционные, консервационные, уплотнительные и др.;

– твердые смазочные материалы, которые не изменяют своего состояния под действием температуры, давления и т. п. (графит, слюда, тальк и др.). Их обычно применяют в смеси с жидкими или пластичными смазочными материалами.

По назначению смазочные материалы делятся на масла:

– моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (бензиновых, дизельных, авиа-ционных);

– трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, комбайнов, самоходных

и других машин;

– индустриальные, предназначенные главным образом для станков;

– гидравлические для гидравлических систем различных машин;

– компрессорные, приборные, цилиндровые, электроизоляционные, вакуумные и др.

#### 4. Назначения смазочных материалов и предъявляемые к ним требования.

По происхождению масла различают:

- минеральные, или нефтяные, являются основной группой выпускаемых смазочных масел (более 90%). В зависимости от способа получения они классифицируются на дистиллятные, остаточные, компаундированные или смешанные;

- растительные и животные, имеющие органическое происхождение. Растительные масла получают путем переработки семян определенных растений, вырабатываются касторовое, горчичное и сурепные масла. Животные масла вырабатывают из животных жиров (баранье и говяжье сало, технический рыбий жир, костное масло и др.). Органические масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами и более низкой термической устойчивостью. Поэтому их чаще используют в смеси с нефтяным;

- синтетические, получаемые из различного исходного сырья различными методами (катализитическая полимеризация жидких или газообразных углеводородов нефтяного и ненефтяного сырья; синтез кремнийорганических соединений- полисил океанов; получение фторуглеродных масел и т.д. Синтетические масла обладают всеми необходимыми свойствами, однако из-за высокой стоимости применяются только в самых ответственных узлах трения.

По агрегатному состоянию смазочные материалы делятся на:

- жидкые смазочные масла, которые в обычных условиях являются жидкостями, обладающими определенной текучестью (нефтяные и растительные масла);
- пластичные, или консистентные, смазки, которые в обычных условиях находятся в мазеобразном состоянии (технический вазелин, солидолы, консталины, жиры и др.) Они подразделяются на антифрикционные, консервационные, уплотнительные и др;
- твердые -смазочные материалы, которые не изменяют своего состояния под действием температуры, давления (графит, слюда, тальк и др.). Их обычно применяют в смеси с жидкими или пластичными смазочными материалами.

По назначению смазочные материалы делятся на масла:

- моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания; трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, комбайнов, самоходных и других машин;
- гидравлические - для гидросистем различных машин. По температуре применения различают;
- низкотемпературные, для температуры не более 60°C;
- среднетемпературные, применяемые при температурах 150 - 200°C;
- высокотемпературные, используемые в узлах, которые подвергаются воздействию температур до 300°C и выше (моторные масла).

Смазочные масла должны обладать соответствующими вязкостью и индексом вязкости; высокой термоокислительной устойчивостью и хорошими противокоррозионными свойствами; противоизносными качествами и хорошей прокачиваемостью при различных температурах окружающей среды. Масла должны обеспечивать максимально возможный срок службы и не образовывать на поверхностях деталей различные отложения.

Чтобы удовлетворить весь комплекс требований, предъявляемых к смазочным маслам широко используют специальные добавки (присадки).

## 1. 5 Лекция №5 (2 часа).

**Тема:** «Эксплуатационные свойства и применение моторных масел»

### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Эксплуатационные свойства.
2. Присадки к моторным маслам.
3. Отечественная классификация моторных масел по вязкости и эксплуатационным свойствам.
4. Классификация моторных масел по вязкости SAE и по эксплуатационным свойствам API.
5. Ассортимент моторных масел.

### 1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Эксплуатационные свойства.

Моторные масла обеспечивают:

- снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки;
- уплотнение зазоров в сопряжениях и, в первую очередь, деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ);

- отвод тепла от трещущихся деталей, удаление продуктов износа из зон трения;
- защиту рабочих поверхностей трещущихся деталей от коррозии продуктами окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения).

Эксплуатационные требования к моторным маслам:

- оптимальная вязкость, определяющая надежную и экономичную работу агрегатов на всех режимах;
- хорошая смазывающая способность;
- устойчивость к испарению, вспениванию, выпадению присадок;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежности двигателя;
- сохранение качества при хранении и транспортировке. Для выполнения этих требований моторные масла обладают рядом свойств, к важнейшими из которых относятся вязкостные и низкотемпературные.

Важнейшими эксплуатационными свойствами моторных масел являются: вязкостно - температурные (вязкость, индекс вязкости, температура застывания), противоизносные, противоокислительные, диспергирующие (моющие), коррозионные и др.

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при перемещении ее слоев под действием внешней силы. Это свойство является следствием трения, возникающего между молекулами жидкости. Различают динамическую и кинематическую вязкость.

Вязкость существенно меняется с изменением температуры. С понижением температуры взаимодействие между молекулами усиливается, и вязкость масла увеличивается. Так, например, при изменении температуры на 100 °C вязкость масла может изменяться в 250 раз. С повышением давления вязкость масла возрастает. Величины давления 8 масляной пленке, заключенной между трещущимися поверхностями, могут быть значительно выше, чем сами на грузки на эти поверхности. В масляной пленке коренного подшипника коленчатого вала двигателя величина давления достигает 500 МПа.

Вязкость является основным параметром при подборе масла, поэтому она всегда указана в маркировке масла. Для маркировки вязкость определяют при тех температурах, при которых работают узлы трения. Моторные масла для двигателей внутреннего сгорания маркируют по кинематической вязкости  $\text{мм}^2/\text{с}$  (Сст) при температуре 100 °C, которая принята в качестве средней температуры масла в двигателе (картер, система смазки).

Индекс вязкости (ИВ), оценивающий вязкостно - температурные свойства масел, является условным показателем, характеризующим степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и определяемый путем сравнения вязкости данного масла с двумя эталонными маслами, вязкостно - температурные свойства одного из которых приняты за 100, а второго — за 0 единиц.

Индекс вязкости определяют по номограмме, расчетным путем или по специальным таблицам. Для определения ИВ по номограмме необходимо знать значения кинематической вязкости масла при температурах +50 °C и +100 °C.

Чем выше ИВ, тем лучше его вязкостно - температурные свойства. Из двух масел с одинаковой вязкостью при температуре +100 °C, но с разными ИВ, одно можно применять только в теплое время, так как при низких температурах оно теряет подвижность, а другое — всесезонно, так как оно обеспечит легкий пуск двигателя при низких температурах воздуха и жидкостное трение при рабочих температурах.

Учитывая то обстоятельство, что вязкость масла и индекс вязкости определяют работоспособность узла трения, то в стандартах на масла эти параметры нормируются в количественном выражении. Для автомобильных масел ИВ должен быть не менее 90.

Застывание — свойство, определяющее потерю текучести масла. При понижении температуры до определенной величины текучесть масла снижается, а при дальнейшем

понижении оно застывает. С увеличением вязкости масла из него выделяются наиболее высокоплавкие углеводороды (парафин, церезин), а при полной потере текучести масла микрокристаллы твердых углеводородов (парафина) образуют пространственную кристаллическую решетку, связывающую все масло в единую неподвижную массу.

Температуру, при которой масло теряет текучесть, называют температурой застывания.

Противоизносные (смазывающие) свойства характеризуют способность масла препятствовать износу поверхностей трения. Образующаяся нетруящихся поверхностях прочная пленка исключает посредственный контакт деталей. Высокие Противоизносные свойства масла особенно востребованы при небольших частотах вращения коленчатого вала, когда высоки удельные нагрузки, а также когда геометрические формы или размеры деталей имеют существенные отклонения, что чревато задирами, схватыванием и разрушением труящихся поверхностей.

Противоизносные свойства масла зависят от его вязкости, вязкостно-температурной характеристики, смазывающей способности, чистоты масла.

С повышением температуры масла адсорбционный слой ослабляется, а при достижении критической температуры 150-200 °С, на грани прочности пленки и сухого трения, разрушается. Масла с высокими противоизносными свойствами способны формировать для предупреждения изнашивания такой режим трения, который исключает непосредственный контакт труящихся поверхностей металлов. Поэтому возможное в данном случае изнашивание вызывается цикличностью нагрузок на отдельных участках поверхностей трения и усталостными разрушениями металла (усталостные трещины в галтелях коленчатых валов).

Противоокислительные свойства характеризуются стойкостью масла к окислению и полимеризации в процессе работы двигателя, а также разложению при хранении и транспортировании.

Продолжительность работы масла в двигателе зависит от его химической стабильности, под которой понимается способность масла сохранять свои первоначальные свойства и противостоять внешнему воздействию при нормальных температурах.

Диспергирующие свойства масел оценивают в баллах от 0 до 6 по методу ПЗВ. Образование лаковых отложений на деталях двигателя, работающего на маслах с моющими присадками, уменьшается в 3-6 раз, т.е. с 3-4,5 до 0,5-1,5 балла.

Коррозионные свойства масел зависят от наличия в них органических кислот, перекисей и других продуктов окисления, щелочей и воды.

Коррозионность свежего масла, в котором присутствуют природные органические кислоты и сернистые соединения, незначительна, но резко возрастает в процессе эксплуатации. Присутствие в свежих маслах органических (нафтеновых) кислот связано с их неполным удалением в процессе очистки.

Коррозионное действие масел связано также с содержанием в них 15-20 % сернистых соединений в виде сульфидов и компонентов остаточной серы, которые при высоких температурах приводят к выделению сероводорода, меркаптанов и других активных продуктов. В условиях высоких температур

Оценку коррозионной стойкости производят по кислотному числу, которое для свежих масел не превышает 0,4 мг КОН на 1 г масла. В коррозионном отношении эта концентрация практически не опасна.

## 2. Присадки к моторным маслам.

Моторное масло обязательно содержит присадки, количество которых может составлять от нескольких процентов до 25...30 % готового масла. Присадки – это компоненты, придающие базовой основе масла необходимые новые свойства. В производстве моторных масел используют базовые масла трёх типов: *минеральные* (нефтяные), *синтети-*

ческие и частично синтетические. Производство базовых основ и товарных масел в России размещено на 12 крупных заводах [3]. Ими вырабатывается порядка 3 млн. т масел в год. Импорт масел составляет 80...90 тыс. т в год.

Выбор базового масла при производстве товарного масла зависит не только от требуемых функциональных показателей, но и определяется экономическими факторами производства и потребления. Для сельского хозяйства России наиболее массовыми пока остаются моторные масла, основой которых являются нефтяные масла. По химическому составу они представляют собой смесь углеводородов (изопарафиновых, нафтенопарафиновых, нафеноароматических, ароматических), содержащих в составе молекул 20...60 атомов углерода с различной цикличностью. Состав и структура входящих углеводородов определяются как природой перерабатываемого сырья, так и технологией его переработки. По способу производства базовые масла делят на *дистиллятные* (вырабатываются из вакуумных дистиллятов), *остаточные* (вырабатываются из остатков перегонки нефти – гудронов) и *компаундированные* (смесь дистиллятных и остаточных). Различают масла очищенные и неочищенные. Наиболее распространены масла селективной очистки (экстракцией растворителем).

Для моторных масел, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях, в качестве основы используют более дорогие синтетические базовые масла. Они разделяются на углеводородные (полиальфолефины и алкилбензолы) и неуглеводородные (эфиры двухосновных кислот, сложные эфиры многоатомных спиртов). Моторные масла на синтетической основе почти по всем эксплуатационным свойствам превосходят минеральные масла, поэтому находят применение во всех областях, где применяют нефтяные масла. Их использование сдерживается высокой стоимостью и худшей совместимостью с эластомерами (материалами прокладок, шлангов и т.п.).

### 3. Отечественная классификация моторных масел по вязкости и эксплуатационным свойствам.

**Классификация моторных масел.** Согласно ГОСТ 17479.1–85 моторные масла подразделяются на классы по вязкости и группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств.

Стандартом предусмотрено обозначение моторных масел, сообщающее потребителю основную информацию об их свойствах и области применения. Стандартная марка включает в себя следующие знаки: букву М (моторное), цифру или дробь, указывающую класс или классы вязкости (последнее для все-сезонных масел), одну или две из первых шести букв русского алфавита, обозначающих уровень эксплуатационных свойств и область применения данного масла. Универсальные масла обозначают буквой без индекса или двумя разными буквами с разными индексами. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 – дизельным маслам. Используют и дополнительные индексы: рк – рабоче-консервационные масла, з – масла с загущающей присадкой.

Примеры маркировки: **М-10Г<sub>2</sub>(к)** – моторное масло класса вязкости 10 (при 100<sup>0</sup>С), предназначенное для высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом. Дополнительный индекс (к) уточняет область применения (автомобиль КамАЗ). **М-6<sub>3</sub>/10В** – моторное масло всесезонное, содержит загущающую присадку, универсальное для среднефорсированных дизелей и бензиновых двигателей (группы В). Классы вязкости: 6 при -18 °С (вязкость не более 10 400 мм<sup>2</sup>/с) и 10 при 100<sup>0</sup>С (вязкость в пределах 9,3...11,5 мм<sup>2</sup>/с).

По вязкости ГОСТ подразделяет масла на следующие **классы**:

- **летние** — 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24 (цифра указывает вязкость масла в мм<sup>2</sup>/с: чем она больше, тем выше вязкость);
- **зимние** — 4, 5, 6;

- **всесезонные** — имеют двойное обозначение: первая цифра указывает на зимний класс, которому соответствуют низкотемпературные характеристики масла, вторая — на летний: **3з/8, 4з/6, 4з/8, 4з/10, 5з/10, 5з/12** (буква "з" рядом с цифрой указывает на то, что масло загущено присадками).

**Группы** по эксплуатационным свойствам обозначаются буквами русского алфавита от **А** до **Е** (свойства масел улучшаются от А к Е) с индексами: **1** — для бензиновых двигателей, **2** — для дизелей. Буква без индекса обозначает универсальное масло, пригодное для использования в обоих типах двигателей. Если указаны две буквы, то численный индекс первой указывает на тип двигателя, в котором предпочтительнее использовать масло.

В более ранней нормативной документации и в многочисленных инструкциях по эксплуатации техники дополнительные характеристики условий применения и особенностей свойств масел вводятся в стандартные обозначения без скобок (М-10Г<sub>2</sub>К, М-10ДМ и т.п.). Кроме моторных масел, выпускаемых по ГОСТ, некоторые предприятия производят их по техническим условиям или иным нормативным документам. Их торговая марка может использовать обозначения как отечественной, так и зарубежной классификации, вводя свои фирменные отличительные знаки. В настоящее время российский потребитель имеет возможность приобретать масла как отечественного производства, так и импортные.

**4. Классификация моторных масел по вязкости SAE и по эксплуатационным свойствам API.**

Классификация SAE J-300DEC99 Общества автомобильных инженеров США разделяет моторные масла по вязкости на 6 зимних и 5 летних классов. Зимние имеют в обозначении букву **W** (от англ. Winter — зима). Чем больше число, входящее в обозначение класса, тем выше вязкость относящихся к нему масел.

**Зимние классы: SAE OW, SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20W, SAE 25W.**

**Летние классы : SAE 20, SAE 30, SAE 40, SAE 50, SAE 60.**

**Всесезонные масла** имеют двойное обозначение, например **SAE 10W-30, SAE 15W-40** и т. п.

Классификация API (Американский институт нефти) подразделяет моторные масла на две категории

**S (Service)** — для 4-тактных бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов и пикапов.

**C (Commercial)** — для дизелей коммерческих автотранспортных средств (грузовиков), промышленных и сельскохозяйственных тракторов, дорожно-строительной техники.

Обозначение класса масла состоит из двух букв латинского алфавита: первая (S или C) указывает категорию масла, вторая (от A до L) — уровень эксплуатационных свойств. Чем дальше от начала алфавита вторая буква, тем выше уровень свойств (рис. 6). Класс SL введен только в 2001 г. и отличается от SJ существенно лучшими антиокислительными, противоизносными, противопенными свойствами, а также меньшей испаряемостью.

**Универсальные масла** для бензиновых двигателей и дизелей имеют обозначения обеих категорий, например **API SG/CD, API SJ/CF**.

Энергосберегающие масла обозначаются аббревиатурой **EC (Energy Conserving)** и должны обеспечивать экономию топлива не менее 0,9-2%.

**Классы дизельных масел** подразделяются дополнительно для двухтактных(CD-2, CF-2) и четырехтактных дизелей (CF-4, CG-4, CH-4).

В настоящее время API сертифицирует моторные масла классов SJ, SL, CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4. Масла остальных классов по API, отмененных в США, следует использовать, если они допущены производителем автомобилей.

### **Классификация ACEA**

Европейская классификация ACEA (Ассоциация европейских производителей автомобилей) предъявляет более жесткие, чем API, требования к маслам. Содержит 12 классов и разделяет масло по трем категориям.

**А** — для бензиновых двигателей легковых автомобилей (**A1-98, A2-96 и A3-98**);

**В** — для дизелей легковых автомобилей (**B1-98, B2-98, B3-98 и B4-98**);

**Е** — для дизелей грузовых автомобилей (**E1-96, E2-96, E3-96, E4-99 и E5-99**).

Последние две цифры указывают год последнего утверждения класса.

Класс Е1-96 на данный момент отменен, но так же как указано выше, его следует применять, если имеется допуск автопроизводителя.

### **Классификация ILSAC**

Разработана Международным комитетом по одобрению и стандартизации смазочных материалов (ILSAC) совместно с JAMA (Ассоциация производителей автомобилей Японии) и AAMA (Ассоциация производителей автомобилей Америки). ILSAC содержит три класса **GF-1, GF-2, GF-3** для бензиновых двигателей легковых автомобилей. Последний введен недавно и его свойства во многом совпадают с классом SL по API, но GF-3, как и все масла этой классификации, обязательно является энергосберегающим, а низкотемпературные характеристики у него ограничены классами SAE 0W, SAE 5W, SAE 10W.

Для бензиновых двигателей легковых автомобилей японского производства лучше всего подходит эта классификация, для американских автомобилей равнозначны как масла по ILSAC, так и по API.

### **Спецификации производителей автомобилей**

В классификациях API и ACEA сформулированы минимальные базовые требования, которые согласованы между производителями масел, присадок к ним и изготовителями автомобилей. За последними оставлено право выдвигать собственные дополнительные требования к маслам, которые формулируются в спецификациях автопроизводителей.

Поскольку конструкции двигателей разных марок различаются между собой, условия работы масла в них не совсем подобны. Поэтому изготовители автомобилей проводят испытания масел на двигателях собственного производства. На основании этого указывают либо определенный класс по какой-либо классификации (например, ACEA), либо составляют собственные спецификации, в которых обозначены конкретные марки масел, допущенных к применению. В инструкции по эксплуатации автомобиля обязательно присутствуют спецификации, а их номер наносится на упаковку масла, рядом с обозначением его класса эксплуатационных свойств.

## **5. Ассортимент моторных масел.**

### **Масла групп А и Б2**

Масла групп А и Б2 предназначены для дизелей старых моделей, работающих на топливах с небольшим содержанием серы. Спрос на масла этих групп сохраняется в большинстве случаев в силу традиции и невысокой цены. За редкими исключениями масла групп А и Б2 могут быть заменены более эффективными маслами группы В2 того же класса вязкости.

*Масло МС-20П (ТУ 38.101265-88)* получают добавлением многофункциональной присадки к маслу МС-20. Применяют для смазывания судовых, тепловозных и стационарных дизелей типа 12ЧН 18/20, эксплуатируемых на малосернистом топливе.

*Масло М-16ПЦ (ГОСТ 6360-83)* вырабатывают из сернистых нефей. Содержит многофункциональную и депрессорную присадки. Применяют для смазывания двигателей типов В-2, Д-6 при работе на малосернистом топливе.

*Масло М-14Б (ТУ 38.101264-72)* вырабатывают из малосернистых и сернистых нефей компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с многофункциональной присадкой ВНИИНП-360 и противопенной присадкой ПМС-200А. Применяют в двух- и четырехтактных тепловозных дизелях типов 2Д100, Д-50 и аналогичных им по уровню форсирования маневровых и промышленных тепловозах.

*Масло МТЗ-10П (ГОСТ 25770-83)* готовят на основе маловязкого дистиллятного компонента с нормированным фракционным составом путем загущения полимерной вяз-

костной присадкой и добавления композиции присадок. Применяют преимущественно для зимней эксплуатации транспортных дизелей невысокой степени форсирования.

*Масло МТ-16П (ГОСТ 6360-83)* вырабатывают из малосернистых нефтей компаундированием смеси остаточного и дистиллятного компонентов с композицией моющей, антиокислительной, депрессорной и противопенной присадок. С использованием новой, более эффективной композиции присадок уровень эксплуатационных свойств масла МТ-16П превышает требования к маслам группы Б2. Применяют для смазывания транспортных дизелей типа В-2 и аналогичных по уровню форсирования безнаддувных двигателей.

#### **Моторные масла группы В2**

Моторные масла группы В2 вырабатывают из малосернистых и сернистых нефтей. Они содержат композиции присадок, придающие этим маслам эксплуатационные свойства, обеспечивающие надежное смазывание безнаддувных автотракторных дизелей старых моделей, а также судовых, тепловозных, стационарных и транспортных дизелей среднего уровня форсирования при работе на дистиллятных дизельных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля).

*Моторные масла М8В2 (ТУ 38.401-58-37-92) и М10В2 (ГОСТ 8581-78)* готовят на основе смесей дистиллятного и остаточного компонентов, выработанных из сернистых нефтей. Их применяют для смазывания автотракторных дизелей СМД-14, А-41, Д-50, Д-37М и других зимой (М8В2) и летом (М10В2).

*Моторное масло М10В2С (ГОСТ 12337-84)* производят преимущественно из малосернистых нефтей путем компаундирования дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Применяют для смазывания главных и вспомогательных дизелей морских и речных судов, дизель-генераторов, а также в циркуляционных системах двухтактных крейцкопфных судовых дизелей. Может быть использовано в автотракторных дизелях наравне с летним моторным маслом М10В2.

*Моторное масло М14В2 (ГОСТ 12337-84)* получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, выработанных из сернистых или малосернистых нефтей, с композицией присадок. Используют для смазывания двух- и четырехтактных тепловозных и судовых дизелей тронкового типа при их эксплуатации на дистиллятных дизельных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля), а также двигателей карьерных автосамосвалов.

*Моторное масло М20В2Ф (ГОСТ 12337-84)* состоит из остаточного базового масла, получаемого из сернистых нефтей, и специальной композиции присадок без дитиофосфатов цинка. Применяют для смазывания судовых дизелей типов 12ЧН 18/20 и ЧН 16/17, имеющих повышенную степень форсирования или эксплуатируемых с увеличенными сроками замены моторного масла.

*Моторные масла М14В2з и М20В2 (ГОСТ 23497-79)* вырабатывают с использованием соответственно средневязкого компаундированного и остаточного компонентов. К этим базовым маслам, получаемым из сернистых нефтей, добавлены композиции присадок, выбранные с учетом условий применения масел для смазывания дизелей буровых установок зимой и летом. Масло М14В2з (зимнее) загущено вязкостной присадкой, но не является всесезонным моторным маслом.

*Моторное масло М16В2 (ТУ 38.101235-74)* состоит из смеси остаточного и дистиллятного компонентов, получаемых из малосернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для смазывания главных двигателей речных судов.

*Моторное масло М-16ИХП-3 (ГОСТ 25770-83)* производят из смеси остаточного и дистиллятного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей. Содержит специфическую композицию присадок. Применяют для смазывания форсированных транспортных дизелей, включая и двигатели с наддувом.

#### **Моторные масла группы Г2**

Моторное масло Г2 вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей. Все масла этой группы содержат значительно больше более эффективных присадок, чем масла группы В2.

Высокая степень легирования моторных масел группы Г2 позволяет применять их в более жестких условиях, где необходима высокая термическая стабильность, лучшие антиокислительные, моющие-диспергирующие, нейтрализующие и противоизносные свойства. Высокооборотные дизели, смазываемые моторными маслами группы Г2, эксплуатируют на дистиллятных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля), а средне- и малооборотные судовые дизели с большим диаметром цилиндра - до 1,5 % (мас. доля).

*Моторные масла М8Г2 и М10Г2 (ГОСТ 8581-78)* получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, с композицией присадок. Используют соответственно для зимней и летней эксплуатации автотракторных дизелей без наддува или с невысоким наддувом. Масло М10Г2 применяют также для смазывания высокооборотных стационарных дизелей и дизель-генераторов.

*Моторные масла М8Г2к и М10Г2к (ГОСТ 8581-78)* отличаются от масел М8Г2 и М10Г2 только существенно более эффективными композициями присадок, что дает возможность увеличивать сроки замены масла, успешно использовать масла М8Г2к и М10Г2к в современных автомобилях КамАЗ, ЗИЛ, а также автобусах "Икарус".

*Моторное масло М14Г2к (ТУ 38.401-58-98-94)* имеет тот же состав, что и масла Г2к (ГОСТ 8581-78). Оно предназначено для четырехтактных транспортных дизелей. Можно применять вместо масла М10Г2к для летней эксплуатации автотракторных дизелей в регионах с продолжительным и жарким летом.

*Моторные масла М8Г2У и М10Г2У (ТУ 38.401-58-21-91)* получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, с композицией присадок, отличающейся существенно повышенными и пролонгированными антиокислительными и моющие-диспергирующими свойствами. Они предназначены для автотракторных и стационарных дизелей, в которых применяют масла М8Г2к и М10Г2к. Переход на масла марки Г2у дает возможность увеличить срок замены масла и элементов фильтров тонкой очистки в 2 раза, сократить расход масла и затраты на техническое обслуживание дизелей, уменьшить вдвое объем отработанных моторных масел, что важно для экологии тех местностей, где нет условий для их утилизации. В двигателях автомобилей КамАЗ замена моторного масла необходима после пробега 25-30 тыс. км.

*Моторные масла М-10Г2ЦС, М-14Г2ЦС и М-16Г2ЦС (ГОСТ 12337-84)* состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых или малосернистых нефтей, и композиции эффективных присадок. Предназначены для смазывания главных и вспомогательных тронковых дизелей судов морского транспортного, промыслового и речного флота. Масло М-10Г2ЦС используют также в циркуляционных системах крейцкопфных дизелей высокой степени форсирования, а моторное масло М-16Г2ЦС - для смазывания цилиндров тронковых и крейцкопфных дизелей с помощью лубрикаторов, когда массовая доля серы в применяемом топливе не более 1,5 %. *Масло М-14Г2ЦС* широко применяют в тепловозных дизелях типа ЧН 26/26, стационарных дизель-генераторах с двигателями типа ЧН 40/48, дизель-редукторных агрегатах с двигателями типа ЧН 40/46. Моторные масла марки Г2ЦС получили допуск к применению у зарубежных дизелестроителей. Моторные масла М-10Г2ЦС, М-14Г2ЦС и М-16Г2ЦС могут использоваться для смазывания ряда судовых механизмов и агрегатов, где необходимы масла соответствующих вязкостей (редукторы, компрессоры, воздуходувки и др.). Отличительная особенность этих моторных масел - очень хорошая влагостойкость, малая эмульгируемость с водой и легкое отделение воды при сепарации.

*Моторное масло М14Г2 (ГОСТ 12337-84)* состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок с особо высокими моющими свойствами. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН 26/26 при работе на топливе с массовой долей серы до 0,5 %.

*Моторное масло М20Г2 (ГОСТ 12337-84)* состоит из остаточного базового моторного масла и композиции присадок, обеспечивающей надежное смазывание в специфических условиях двухтактных дизелей. Предназначено для эксплуатации судовых и стационарных дизелей.

### **Моторные масла группы Д2**

Моторные масла группы Д2 вырабатывают на основе базовых компонентов, получаемых из сернистых нефтей, или с применением синтетических компонентов. В составах моторных масел группы Д2 эффективные присадки используют в высоких концентрациях для достижения уровня эксплуатационных свойств, обеспечивающего длительную работоспособность наиболее форсированных двигателей в особо тяжелых эксплуатационных условиях, в частности при применении топлив с повышенным содержанием серы.

*Моторные масла М8ДМ и М10ДМ (ГОСТ 8581-78)* состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и новой композиции присадок, улучшающей антикоррозионные и противоизносные свойства масел марки ДМ. Предназначены соответственно для зимней и летней эксплуатации высокофорсированных дизелей с турбонаддувом, работающих в тяжелых условиях. Могут использоваться в дизелях без наддува со значительно увеличенным пробегом между заменами масла. Обеспечивают надежное смазывание отечественной и импортной техники (карьерные большегрузные самосвалы, промышленные тракторы большой мощности с двигателями водяного или воздушного охлаждения, экскаваторы, бульдозеры, автопогрузчики, трубокладчики).

*Моторное масло М-14ДМ (ТУ 38.401-58-22-91)* отличается от масла М-10ДМ большей вязкостью базового масла, но имеет то же назначение. Предпочтительно применение в местностях с жарким продолжительным летом, а также в двигателях, для смазывания которых необходимо моторное масло класса вязкости 14 (SAE 40).

*Моторное масло М-63/14ДМ (ТУ 38.401-938-92)* состоит из маловязкого базового масла, выработанного из сернистых нефтей и загущенного вязкостной присадкой, и композиции присадок. Это всесезонное масло может применяться круглый год в дизелях с наддувом, эксплуатируемых в тяжелых условиях, вместо двух сезонных моторных масел М-8ДМ и М-10ДМ.

*Моторное масло МТ-53/10Д (ТУ 38.401-58-40-92)* готовят путем загущения маловязкого базового масла из сернистых нефтей полимерной вязкостной присадкой и добавления композиции присадок, придающей готовому продукту свойства высокоеффективного дизельного масла, трансмиссионного масла группы ТМ-4 (GL-4 по API) и гидравлической жидкости для гидросистем промышленных тракторов и сельскохозяйственных машин. Применяют всесезонно в регионах с умеренными климатическими условиями как единое моторно-трансмиссионно-гидравлическое масло, обеспечивающее надежное смазывание дизелей с наддувом, включая двигатели воздушного охлаждения, агрегатов тракторных трансмиссий и гидросистем, управляющих рабочими органами машин. Аналогично импортным маслам, называемым STOU (Super Tractor Oil Universal).

*Моторное масло МТ-43/8ДС (ТУ 38.401-58-54-92)* готовят на основе синтетических базовых компонентов и специальной композиции присадок. Используют как всесезонное единое масло для двигателей, агрегатов трансмиссий и гидросистем промышленных тракторов в климатических условиях Севера. Применяют во всех объектах техники, смазываемых маслом МТ-53/10Д при умеренных климатических условиях.

*Моторное масло М-14ДР (ТУ 38.401-1063-97)* состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок, придающих маслу повышенную стойкость к старению. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН 26/26 при работе на топливе с содержанием серы до 0,5 %. Обеспечивает значительное увеличение пробега без замены масла и увеличение срока службы элементов фильтров тонкой очистки по сравнению с моторными маслами М-14Г2 и М-14Г2ЦС. Аналогично импортным маслам четвертого поколения.

*Моторное масло М-16ДР (ГОСТ 12337-84)* отличается от масла М-14ДР только несколько большей вязкостью основы. Предназначено для смазывания судовых двух- и четырехтактных дизелей тронкового типа ДН 23/30, ЧН 26/26 и ЧН 30/38 при работе на топливе с массовой долей серы до 0,5 %. Обладает повышенной стойкостью к старению.

*Моторные масла М-10ДЦЛ20, М-14ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ30 (ГОСТ 12337-84)* состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефти, и композиций присадок в различной дозировке для получения готового масла с щелочными числами около 20 или 30 мг КОН/г. Предназначены для смазывания среднеоборотных тронковых судовых дизелей с циркуляционной или комбинированной смазочной системой. Масла М-10ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ20 используют при работе на тяжелых топливах с массовой долей серы до 2,5-3,0 %, масло М-14ДЦЛ30 - при большем содержании серы. Обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой, легко отделяют воду при сепарации. Допущены к применению зарубежными дизелестроительными фирмами.

#### **Моторные масла групп Г1, В и В1**

Масла группы Г1 предназначены для использования в форсированных двигателях легковых автомобилей, которые работают на бензинах с октановым числом по исследовательскому методу выше 90. Эти масла содержат высокоэффективные композиции отечественных присадок или пакеты импортных присадок. Их готовят на основе дистиллятных компонентов, загущенных макрополимерными присадками.

Масла групп В и В1 предназначены для двигателей легковых и грузовых автомобилей, работающих на бензине с октановым числом до 80. Их применяют всесезонно. Они содержат композиции отечественных присадок или пакеты импортных присадок, добавляемых к дистиллятным или компаундированным базовым маслам.

*Моторное масло М-5з/10Г1 (ГОСТ 10541-78)* готовят на базовом масле И-20А. Используют в регионах с низкими температурами зимних месяцев как всесезонное.

*Моторное масло М-6з/12Г1 (ГОСТ 10541-78)* готовят на основе смеси дистиллятных компонентов различной вязкости с добавлением присадок, обеспечивающих высокие противоизносные свойства. Применяют всесезонно в регионах с умеренными климатическими условиями при температуре воздуха от -20 до +45 °С.

*Моторное масло М-4з/6В1 (ГОСТ 10541-78)* получают загущением базового масла (веретенное АУ) полиметакрилатной присадкой и добавлением композиции моющих, антиокислительной и противопенной присадок. Применяют всесезонно в северной климатической зоне и в районах с умеренными климатическими условиями только как зимнее масло. Обеспечивает холодный пуск двигателя при -30 °С.

*Моторное масло М-6з/10В (ГОСТ 10541-78)* получают на основе высококачественного компаундированного базового масла и эффективной композиции присадок. Применяют всесезонно в среднефорсированных бензиновых двигателях и безнаддувных дизелях. Это универсальное масло отличается повышенной работоспособностью. В бензиновых двигателях грузовых автомобилей пробег до замены масла составляет 18 тыс. км, а в дизелях - до 500 моточасов.

*Моторное масло М8В (ГОСТ 10541-78)* готовят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов или дистиллятного компонента узкого фракционного состава с эффективной композицией присадок. Используют всесезонно в среднефорсированных бензиновых двигателях легковых и грузовых автомобилей с периодичностью замены до 18 тыс. км пробега, а также как зимнее масло для среднефорсированных автотракторных дизелей.

## 1. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Эксплуатационные свойства и применение трансмиссионных и прочих масел»

### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Эксплуатационные свойства.
2. Отечественная классификация трансмиссионных масел по вязкости и эксплуатационным свойствам.
3. Классификация трансмиссионных масел по вязкости SAE и эксплуатационным свойствам API.
4. Ассортимент трансмиссионных масел.
5. Эксплуатационные свойства, ассортимент индустриальных, компрессорных и электроизоляционных масел.

### 1.6.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Эксплуатационные свойства.

Трансмиссионные масла применяют в коробках передач, мостах, в раздаточных коробках, механизмах рулевого управления — везде, где вращающий момент передается либо зубчатыми парами (тогда масло выполняет только функции смазки), либо посредством самого масла, как, например, в гидромеханических передачах (в них является рабочим телом). Сразу оговоримся: есть очень много марок автомобилей, в коробки передач которых заливают то же масло, что и в двигатели. Как правило, зубчатые передачи и находящиеся внутри агрегатов подшипники смазываются погружением в масло и разбрызгиванием. Однако есть конструкции, где такой смазки недостаточно — тяжелонагруженные или особо сложные механизмы с труднодоступными для капель и масляного тумана сопряжениями требуют принудительного подвода масла. К ним смазку подают под давлением.

Для обеспечения работоспособности механизмов трансмиссионные масла должны выполнять следующие функции:

- предотвращать износ поверхностей трения за счет образования стойкой масляной пленки между ними;
- снижать потери на трение в зубчатых зацеплениях;
- отводить тепло от поверхностей трения;
- удалять продукты износа из зон трения;
- защищать детали от коррозии;
- снижать ударные нагрузки на шестерни, вибрации и шум, уплотняя зазоры между поверхностями трения.

Доля трансмиссионных масел в общем объеме смазочных материалов, потребляемых автомобилем за весь срок эксплуатации, всего лишь 0,3—0,5%. Меняют их не часто: или через 75—150 тыс. км, или, если автомобиль эксплуатируется нерегулярно, через каждые 3—7 лет независимо от пробега.

Несмотря на то, что трансмиссионные масла работают в условиях, безусловно, более легких, чем моторные, они испытывают высокие нагрузки. Давление в зонах контакта цилиндрических, конических и червячных передач может составлять от 500 до 2000 МПа, а гипоидных — до 4000 МПа. Скорость скольжения зубьев друг относительно друга на входе в зацепление изменяется в диапазоне 1,5—12 м/с в конических и цилиндрических передачах; 20—25 м/с — в червячных; в гипоидных она может превышать 15 м/с. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий изменяется от температуры окружающего воздуха до 200°C, однако в точках контакта зубьев часто возникает кратковременный местный перегрев — до 300°C, а иногда и выше. В результате — износ, задиры, питтинг (точечное выкрашивание зубьев шестерен) и многое другое.

К трансмиссионным маслам предъявляют самые разнообразные эксплуатационные требования, подчас довольно противоречивые. Масла должны, с одной стороны, сохранять высокую вязкость при рабочих температурах, чтобы не разрушалась пленка и нормально уплотнялись зазоры, с другой — не становиться слишком вязкими при низких температурах окружающей среды, чтобы в начале работы агрегата холодное масло не препятствовало свободному вращению шестерен.

Способность масла соответствовать этим требованиям отражает индекс вязкости. Чем он выше, тем меньше изменяется вязкость масла в зависимости от изменения температуры. Кроме того, масла должны обладать высокими антикоррозионными, антиокислительными, противопенными и другими «противо» свойствами, а также иметь высокую термоокислительную стабильность (длительная стабильность характеристик в рабочих условиях и при хранении) и не быть агрессивными по отношению к резиновым уплотнениям и цветным металлам.

К маслам, работающим в автоматических коробках передач, предъявляются гораздо более высокие требования по вязкости, антифрикционным, противоизносным и антиокислительным свойствам, чем к применяемым в других агрегатах. Поскольку автоматические коробки включают в себя несколько совершенно разнородных узлов — гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему управления, — спектр функций масла весьма широк. Оно и смазывает, и охлаждает, и передает вращающий момент. Динамические нагрузки в таких передачах меньше, чем в обычных коробках передач из-за отсутствия жесткой связи между двигателем и трансмиссией. Средняя рабочая температура масла в картере автоматической коробки составляет 80—95°C, в жаркую же погоду при городском цикле движения она может подниматься до 150°C.

Конструкция автоматической коробки такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивления, ее избыток расходуется на внутреннее трение масла, оно еще больше нагревается. Высокие скорости движения потоков масла в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную аэрацию, приводящую к вспениванию, что создает благоприятные условия, во-первых, для окисления самого масла, во-вторых, для коррозии металлов. Разнообразие материалов в парах трения автоматической коробки (сталь—сталь, сталь—металлокерамика, сталь—бронза) затрудняет подбор антифрикционных присадок к маслам. К тому же разнородные по материалам детали, работая во вспененном и постепенно насыщающемся кислородом и водой масле, образуют электрохимические пары, акты зирующие коррозионный износ. В таких условиях должно не только сохранять свои эксплуатационные свойства и защищать поверхности трения, но и, как передающий вращающий момент среда, обеспечивать высокий КПД трансмиссии. И вот тут требования к вязке прямо противоположны тем, что предъявляются, когда речь идет только о смазке. Для смазки шестерен нужна высокая вязкость. Для нормальной работы гидротрансформатора — низкая (4—9 сСт при 100°C).

В основном трансмиссионные масла имеют минеральную (нефтяную) основу. Однако в последнее время появляется все большее количество масел на синтетической и полусинтетической основах. Для придания маслам функциональных и специфических свойств в основу вводят различные присадки: противозадирные, загущающие, противокоррозионные и др.

Некоторые специалисты по трансмиссионным маслам считают, что минеральные базовые масла во многом лучше синтетических, так как у них изначально выше смазывающие качества. Пьезовязкостные свойства, то есть способность образовывать прочную смазывающую пленку под высоким давлением, у них развиты больше, нежели у часто используемых в качестве синтетической основы поли-альфаолефинов (ПАО). Да и эффективность присадок в минеральной и синтетической основах неодинакова — в минеральной основе они растворяются лучше, и для достижения высоких антифрикционных качеств лучше подходят минеральные основы.

## 2. Отечественная классификация трансмиссионных масел по вязкости и эксплуатационным свойствам

В нашей стране характеристики и обозначения этих смазочных материалов прежде диктовались соответствующими советскими стандартами (ГОСТами), но теперь, в условиях широкого проникновения импортных продуктов, преобладающей стала международная классификация. А потому есть смысл рассмотреть хотя бы вкратце основные ее положения.

Согласно ГОСТ 17479.2–85 трансмиссионные масла разбиваются на классы по вязкости и в зависимости от эксплуатационных свойств их подразделяют на пять групп, определяющих области их применения.

В качестве примера рассмотрим обозначение трансмиссионного масла: ТМ-5-12<sub>3</sub>(рк) – ТМ – трансмиссионное масло, 5 – 5-й группы, 12 – 12-го класса вязкости, 3 – загущенное, рк – рабоче-консервационное.

Классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85		
Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °C, мм <sup>2</sup> /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, °C, не выше
9	6,00-10,99	-35
12	11,00-13,99	-26
18	14,00-24,99	-18
34	25,00-41,00	–

Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85		
Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
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
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130 °C
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и Гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C

### 3. Классификация трансмиссионных масел по вязкости SAE и эксплуатационным свойствам API

#### Классификация SAE

Разделяет трансмиссионные масла по вязкости на классы:

зимние - 70W, 75W, 80W, 85W;

летние - 80, 85, 90, 140, 250;

всесезонные имеют двойное обозначение, \

например 75W-90, 80W-140 и т. д.

#### Классификация SAE трансмиссионных масел по вязкости

Класс вязкости	Минимальная температура достижения динамической вязкости 150 мПа • с, °C	Кинематическая вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	
		не менее	не более
<b>Зимние</b>			
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,1	-
80W	-26	7	-
85W	-12	11	-
<b>Летние</b>			
90	-	13,5	24
140	-	24	41
250	-	41	-

Разработанная американским институтом API классификация содержит комплексную оценку трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам. Сегодня она принята повсеместно. Пять категорий, предусмотренных системой, показывают применимость и качественный уровень продуктов, помечаемых соответствующим индексом.

#### Классификация API трансмиссионных масел по уровню эксплуатационных свойств

Группа по API	Группа по ГОСТ	Свойства и область применения
GL-1	TM-1	Минеральные масла без присадок или с антиокислительными и противопенными присадками без противозадирных компонентов для применения, среди прочего, в коробках передач с ручным управлением с низкими удельными давлениями и скоростями скольжения. Цилиндрические, червячные и спирально-конические зубчатые передачи, работающие при низких скоростях и нагрузках.
GL-2	TM-2	Червячные передачи, работающие в условиях GL-1 при низких скоростях и нагрузках, но с более высокими требованиями к антифрикционным свойствам. Могут содержать антифрикционный компонент.
GL-3	TM-3	Трансмиссионные масла с высоким содержанием присадок с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105. Эти масла применяются преимущественно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением в автомобилях и безрельсовых транспортных средствах для передачи групп передач и тормозных и других трансмиссионных работ. Стандарт не включает поправку

		чи, работающие в умеренно жестких условиях. Обычные трансмиссии со спирально-коническими шестернями, работающие в умеренно жестких условиях по скоростям и нагрузкам. Обладают лучшими противоизносными свойствами, чем GL-2.
GL-4	TM-4	Трансмиссионные масла с высоким содержанием присадок с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105. Эти масла применяются предпочтительно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением в автомобилях и безрельсовых транспортных средствах для перевозки грузов и пассажиров и для нетранспортных работ. Гипоидные передачи, работающие в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и малых скоростей при больших крутящих моментах. Обязательно наличие высокоэффективных противозадирных присадок
GL-5	TM-5	Масла для гипоидных передач с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105 C/D. Эти масла предпочтительно применяются в передачах с гипоидными коническими зубатыми колесами и коническими колесами с круговыми зубьями для главной передачи в автомобилях и в карданных приводах мотоциклов и ступенчатых коробках передач мотоциклов. Специально для гипоидных передач с высоким смещением оси. Для самых тяжелых условий эксплуатации с ударной и знакопеременной нагрузкой. Гипоидные передачи, работающие в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и ударных нагрузках на зубья шестерен. Должны иметь большое количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки
GL-6	TM-6	Гипоидные передачи с увеличенным смещением, работающие в условиях высоких скоростей, больших крутящих моментов и ударных нагрузок. Имеют большее количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки, чем масла GL-5.

4. Ассортимент трансмиссионных масел Трансмиссионные масла без присадок в последнее время производятся и применяются крайне редко, а выработка подобных масел осуществляется по специальным заказам потребителей. Так, некоторые нефтеперерабатывающие заводы продолжают выпуск вязкого остатка от прямой перегонки нефти – так называемого нафтенового основания. Продукт реализуется под старым торговым названием «Нигрол». Выпускается два вида «Нигрола» - зимний и летний, которые различаются между собой уровнем вязкости и температурами вспышки и застывания.

Рассматривая рыночный ассортимент трансмиссионных масел сегодняшнего дня, то, прежде всего, необходимо отметить заметное сокращение ассортимента. Например, сняты с производства старые, хорошо известные масла АК – 15, ТС – 14,5, сокращены объемы производства ранее широко используемых масел ТАП – 15В, ТЭП -15 и прочих. Объяснить это можно значительным сокращением в эксплуатации старых автомобилей, тракторов, экскаваторов и иных видов транспортных, строительных и сельскохозяйственных технических средств.

Однако, нельзя не отметить появление на нефтяном рынке нашей страны разнообразных импортных трансмиссионных масел аналогичного назначения, которые в ряде случаев успешно конкурируют с маслами отечественного производства. Тем не менее, ряд маловязких, низкозастывающих масел специального назначения продолжают вырабатывать и успешно реализовывать в непростых условиях современного рынка.

Моторно – трансмиссионное масло МТ – 8п (ТУ 38.101277-85) – является маслом селективной очистки из восточных сернистых нефтей, которое содержит композицию противоизносных, антакоррозионных, антиокислительных и моющих присадок, а также депрессоры температуры застывания, а также антипенные добавки. Масло применяется не только в качестве трансмиссионного в планетарных передачах гусеничных машин, но и в системах гидроуправления некоторых специальных машин.

Масло ТСзп – 8(ТУ 38.1011238-89) является смесью высоковязкого и маловязкого низкозастывающего, загущенного стойкими вязкостными присадками против деструкции. Данное масло содержит противозадирную, противоизносную, антиокислительную и антипенную присадки. Масло предназначается для смазывания агрегатов трансмиссий, кото-

рые имеют планетарные редукторы коробок передач и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств.

Масло ТС3 – 9гип представляет собой смесь высоковязкого и маловязкого низкозастывающего нефтяных масел, которая загущена вязкостной полимерной присадкой, отличающейся стойкостью к деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло является работоспособным в большом диапазоне температур от минус пятидесяти до плюс ста двадцати градусов Цельсия в разнообразных автомобильных трансмиссиях, включая и так называемые гипоидные передачи.

Масло Тсп – 10 (ГОСТ 23652-79) вырабатывается из малосернистых нефтей, при этом используются высоковязкий остаточный деасфальтированный компонент, а также маловязкий дистиллятный компонент с низкой температурой застывания. Помимо противозадирной присадки, в состав масла входит депрессорная присадка. Масло применяется во все сезоны в северных районах нашей страны, а также как зимний вариант масла в средних климатических зонах в качестве смазки для прямозубых, спирально – конических и червячных передач, которые работают при контактных напряжениях достигающих две тысячи мега паскалей и температурах масла в объеме до ста – ста десяти градусов Цельсия.

5. Эксплуатационные свойства, ассортимент индустриальных, компрессорных и электроизоляционных масел.

### **Индустриальные масла**

В зависимости от области применения индустриальные масла, предназначенные для смазывания различного промышленного оборудования, можно подразделить на две группы — общего и специального назначения. За последние годы в связи с разработкой легированных индустриальных масел объем производства и ассортимент индустриальных масел существенно возросли. Сейчас из группы масел общего назначения выделяют такие, как масла для высокоскоростных механизмов, гидравлических систем и зубчатых передач промышленного оборудования, направляющих скольжения станочного оборудования.

В марках всех индустриальных масел цифра показывает значение кинематической вязкости при 50 °С.

*Индустриальные масла общего назначения* служат для смазывания наиболее широко распространенных узлов и механизмов оборудования различных отраслей промышленности. Представляют собой очищенные дистиллятные и остаточные или смесь дистиллятных и остаточных масел без присадок.

Масла И-5А, И-8А используют в малонагруженных высокоскоростных механизмах, контрольно-измерительных приборах, а также на различных технологических линиях (изготовления кремов, жирования кож и т. д.). Наибольшее распространение имеет масло И-12А: узлы трения текстильных машин, металлорежущих станков, работающих с частотой вращения до 5000 об/мин подшипники электродвигателей, объемные гидроприводы и т. д. Масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А находят применение в гидросистемах различного станочного оборудования, мало- и средненагруженных зубчатых передач, гидросистемах промышленного оборудования, строительно-дорожных и других машин.

*Масла для высокоскоростных механизмов* (текстильных машин, металлорежущих станков, сепараторов и др.). Для этих целей используют маловязкие масла И-5А, И-8А общего назначения, а также масла ИГП-2, ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14, эксплуатационные свойства которых улучшены антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной присадками.

*Масла для гидравлических систем промышленного оборудования.* Гидравлический привод используется в промышленности чрезвычайно широко. В малонагруженных сис-

темах, не предъявляющих высоких требований к качеству масел, используют масла общего назначения требуемой вязкости. Значительно выше эксплуатационные свойства масел серии ИГП за счет антиокислительной, противоизносной, антиржавейной присадок.

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49 обеспечивают надежную работу гидросистем станков, автоматических линий, прессов, различного типа редукторов, вариаторов. Более вязкие масла ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 используют в гидросистемах тяжелого прессового оборудования, тяжелых зубчатых и червячных редукторах. Для гидросистем станков и автоматических линий могут быть также использованы масла ВНИИ НП-403 и ВНИИ НП-406 (аналоги масел ИГП-30 и ИГП-49).

*Масла для зубчатых передач и червячных механизмов.* Условия работы передач очень разнообразны, поэтому необходим широкий ассортимент масел. Здесь могут быть применены различной вязкости индустриальные масла общего назначения, серии ИГП. Кроме того, существуют специализированные масла ИРп-40, ИРп-75, ИРп-150 с присадками, улучшающими противозадирные, противоизносные, антиокислительные и антифрикционные свойства. Их используют в зубчатых передачах, работающих при высоких нагрузках, в том числе ударных, а также в циркуляционных системах.

Повышенной смазочной способностью обладают масла серии ИСП (ИСП-25, ИСП-40, ИСП-65, ИСП-110). Их применяют в коробках скоростей и подач, редукторах, мотор-редукторах и других механизмах станочного оборудования и автоматических линий. Аналогично назначение тяжелых масел ИГП-152, ИГП-182.

Для смазывания тяжелонагруженных зубчатых и червячных редукторов, коробок скоростей, подшипников узлов, работающих при высоких нагрузках и температуре, используют вязкие масла серии ИТП (ИТП-200, ИТП-300) с противозадирной, антифрикционной и антиокислительной присадками.

Для малонагруженных зубчатых передач, включая открытые, промышленного оборудования, подъемно-транспортных машин используют масло трансмиссионное (нигрол) летнее и зимнее с минимальной рабочей температурой соответственно  $-10$  и  $-20$   $^{\circ}\text{C}$ .

*Масла для направляющих скольжения* используют там, где нужно получить равномерные (без скачков) медленные и точные установочные перемещения сопрягаемых поверхностей суппортов, столов и других узлов станков. Масла для направляющих скольжения серии ИНСп в своем составе содержат противоскачковую, адгезионную, противозадирную, солюбилизирующую присадки. Масло ИНСп-40 используют для горизонтальных направляющих станков, ИНСп-65—для тяжелонагруженных горизонтальных, вертикальных направляющих при общей системе смазки, ИНСп-110—для вертикальных и горизонтальных направляющих, в том числе горизонтальных с вертикальными гранями большой площади.

Для гидросистем и направляющих скольжения металлорежущих станков при подаче масла из общего резервуара предназначены масла ИГНСп-20, ИГНСп-40. Для направляющих скольжения и высокоскоростных прядильных машин используют масло ВНИИ НП-401.

*Масла индустриальные специального назначения* предназначены для использования в узких или специфических областях.

### **Приборные масла**

Эти масла, условно делят на три подгруппы — общего, специального назначения, часовые.

### **Защитные масла**

Предназначены для защиты от коррозии поверхностей деталей и механизмов в различных условиях хранения. Выпускаются защитные масла на базе дистиллятных и остаточных масел селективной очистки с композициями присадок, улучшающими антикоррозионные и антиржавейные свойства. Вырабатываются масла марок НГ-203, НГ-204у, НГ-207, НГ-210, РЖ, К-17.

## 1. 7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Эксплуатационные свойства и применение пластичных смазок»

### 1.7.1 Вопросы лекции:

1. Эксплуатационные свойства.
2. Классификация смазок.
3. Типы загустителей, присадки и наполнители
4. Ассортимент смазок.

### 1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Эксплуатационные свойства.

Пластичные смазки используют главным образом для смазывания негерметизированных (не заключенных в картеры) узлов трения автомобилей. Такие смазки получили название антифрикционных. В относительно небольших количествах применяют также защитные пластичные смазки, служащие для предохранения деталей от коррозии. Пластичные смазки получают сплавлением (загущением) жидких минеральных масел от 75 до 90 % по массе с твердыми веществами, называемыми загустителями. При изготовлении антифрикционных смазок в качестве загустителей применяют кальциевые, натриевые, литиевые и другие мыла, которые являются солями естественных или синтетических жирных кислот. Защитные смазки получают загущением минеральных масел углеводородами (парафином, церезином, петролатумом), находящимися при нормальной температуре (20 °C) в твердом состоянии. Пластичные смазки – это однородные по составу, без комков ма-зи от светло-желтого до темно-коричневого цвета, но некоторые из них имеют другой цвет, например, графитная – черного цвета, смазка № 158 – темно-синего.

Особенностью пластичных смазок является обратимость процесса разрушения структурного каркаса: под действием больших нагрузок каркас разрушается, и пластичная смазка работает как жидкостная, а при снятии нагрузки каркас мгновенно восстанавливается, и смазка вновь приобретает свойства твердого тела.

Чтобы пластичные смазки были пригодными для применения по своему основному назначению, показатели их качества должны отвечать требованиям, установленным стандартами и техническими условиями.

*Температура каплепадения.* Она является показателем температурной стойкости смазки. При достижении данной температуры, определяемой в лабораторных условиях, происходит падение первой капли смазки, нагреваемой в специальном приборе. Надежное смазывание узлов трения без вытекания смазки обеспечивается, если рабочая температура узла на 15 ... 20 °C ниже температуры каплепадения пластичной смазки. В зависимости от значения температуры каплепадения смазки делят на следующие виды: тугоплавкие (Литол-24, ЯНЗ-2, № 158, ЦИАТИМ-201 и некоторые другие), имеющие загустителями ли-тиевые или натриево-кальциевые мыла. Отличаются высокой температурой каплепадения – от 120 до 185 °C; среднеплавкие (к ним относят солидолы и графитную смазку УСс-А), изготовлены на кальциевых мылах. Их температура каплепадения находится в пределах 75 ... 105 °C; низкоплавкие (защитные смазки ПВК и ВТВ-1), созданные на не-мыльных загустителях. Температура каплепадения этих смазок не превышает 60 °C.

*Пенетрация* характеризует густоту смазки. Значение пенетрации, выражаемое целым числом десятых долей миллиметра, по шкале пенетрометра, представляет собой глубину погружения в смазку стандартного конуса под действием собственной массы (150 г) в течение 5 с. Если пенетрация смазки равна 250, это значит, что конус за 5 с опустился в смазку на глубину 25 мм. Чем выше значение пенетрации, тем меньше густота (консистенция) данной смазки. Смазки с большим значением пенетрации применяются зимой, а с

меньшим – летом.

*Водостойкость (отношение к воде).* Этот показатель характеризует способность смазки противостоять растворению в воде. Антифрикционные смазки, загущенные литиевыми (например, Литол-24) и кальциевыми мылами (солидолы всех марок), нерастворяющимися в воде, являются влагостойкими. Защитные смазки, для создания которых используют углеводородные загустители, совершенно нерасторимы в воде. Антифрикционные смазки, изготовленные на кальциево-натриевых мылах, отличаются недостаточной влагостойкостью, например, смазка ЯНЗ-2. Их можно применять только в узлах трения, надежно защищенных от проникновения воды.

*Содержание свободных щелочей и органических кислот, механических примесей.* Свободных щелочей, определяющих коррозионную агрессивность смазок, не должно быть 0,1 ... 0,2 % по массе. Свободные, органические кислоты и механические примеси, вызывающие абразивный износ деталей, не должны присутствовать.

*Вязкость* пластичных смазок является одним из важнейших эксплуатационных показателей. Вязкость пластичной смазки в отличие от вязкости масла может изменяться при одной и той же температуре в довольно широких пределах и зависит от скорости перемещения ее слоев относительно друг друга. Чем быстрее продавливают смазку через капиллярную трубку, тем меньше становится ее вязкость. Поэтому при определении вязкости смазки нужно фиксировать не только температуру, но и скорость ее подачи через капилляр.

Вязкость пластичных смазок (пластично-аномальноязвного материала) при постоянной температуре зависит от скорости деформации. Вязкость смазки, определенная, при заданных скорости деформации и температуре, является постоянной величиной и называется эффективной вязкостью. Для жидких нефте-продуктов вязкость не зависит от скорости деформации, в связи с чем эффективная вязкость совпадает с динамической.

Эффективную вязкость пластичных смазок определяют с помощью автоматического капиллярного вискозиметра АКВ-4.

*Противозадирные и противоизносные* свойства – важнейшая характеристика смазок, применяемых в узлах с высокими контактными напряжениями и скоростями скольжения.

Эти свойства оценивают с помощью различных машин трения, которые используются для исследования смазочных масел.

*Антикоррозионные и защитные* свойства смазок являются важнейшими показателями для обеспечения надежной работы трущихся или перекатываемых металлических поверхностей. Коррозионную активность смазок определяют следующим способом. Металлические пластины погружают в смазку, выдерживают и затем осматривают. Браковочными признаками являются изменение цвета пластины, появление на ней коррозионных точек и пятен.

*Защитные свойства* пластичных смазок определяют в соответствии с ГОСТ 0.054–75. При этом на металлическую пластинку наносят слой смазки, выдерживают ее в условиях повышенной относительной влажности воздуха и температуры без конденсации, с периодической или постоянной конденсацией влаги на образце. Затем сравнивают цвет и блеск поверхностей испытуемой пластины и пластины-образца.

*Предел прочности*. Он позволяет судить о способности смазки удерживаться на вращающихся деталях. Его определяют в лабораторных условиях. Чем выше предел прочности, тем надежнее удерживается смазка в подшипниках качения. Значение предела прочности солидолов при плюс 50 °С не превышает 0,02 Па, а у высококачественной пластичной смазки Литол-24 оно равно 0,045 Па при 20 °С.

*Стабильность* характеризует сохранение смазкой своих первоначальных свойств в условиях хранения и применения. Для смазки, представляющей собой коллоидную систему, важны: физическая стабильность; устойчивость к радиации, характеризуемая химической стабильностью; инертность к воде, агрессивным средам, окислению кислородом

воздуха. одним из показателей стабильности является испаряемость, которая характеризует испарение из смазки ее дисперсионной среды. Испаряемость смазок в наибольшей степени зависит от температуры, причем потеря легких фракций происходит более интенсивно у смазок, изготовленных на базе маловязких нефтяных масел. Показатель испаряемости имеет большое значение для характеристики смазок, предназначенных для работы при высокой температуре и в вакууме.

Испаряемость оценивают потерей массы смазки в условиях определенных температуры и времени (ГОСТ 7934.1–74).

Различают стабильность коллоидную, механическую и химическую (против окисления). *Коллоидная стабильность* характеризуется степенью отделения из смазки дисперсионной среды — масла. Ее определяют при отпрессовывании масла из смазки на приборе КСА (ГОСТ 7142–74). Коллоидная стабильность смазки существенно зависит от вязкости входящего в ее состав масла: чем больше вязкость, тем выше коллоидная стабильность. Смазки с чрезмерно высокой коллоидной стабильностью нежелательны, ибо они действуют неэффективно.

*Механическая стабильность* смазок характеризует их способность противостоять разрушению. Смазки с низкой механической стабильностью быстро разрушаются, разжижаются и вытекают из узлов трения. Высококачественная смазка не должна существенно изменять свои механические свойства как при действии, так и при снятии нагрузки.

Механическую стабильность определяют в соответствии с ГОСТ 19295–73. Ее обозначают индексом разрушения  $K_p$ , который характеризует степень разрушения смазки при ее интенсивном деформировании (тиксотронное восстановление смазки).

Сущность метода заключается в определении изменения предела прочности на разрыв в результате интенсивного деформирования смазки в зазоре между ротором и статором тиксотометра при последующем тиксотронном восстановлении.

*Химическую стабильность* смазок (против окисления) определяют в соответствии с ГОСТ 5734–76. Сущность метода заключается в окислении смазки, нанесенной тонким слоем на медную пластинку (ка-тализатор). При этом определяют свободные кислоты или щелочи, образующиеся при окислении смазки. Полученное кислотное число характеризует стабильность смазки.

## 2. Классификация смазок.

Пластичные смазки подразделяются на четыре группы:

- антифрикционные — для снижения износа и трения скольжения сопрягаемых деталей;
- консервационные — для предотвращения коррозии при хранении, транспортировке и эксплуатации;
- канатные — для предотвращения коррозии и износа стальных канатов;
- уплотнительные — для герметизации зазоров, облегчения сборки и разборки арматуры, манжет, резьбовых, разъемных и любых подвижных соединений.

Антифрикционные смазки являются самой многочисленной группой пластических смазок и делятся на следующие подгруппы:

С — общего назначения;

О — для повышенной температуры;

М — многоцелевые;

Ж — термостойкие (узлы трения с рабочей температурой  $>150$  °C);

Н — низкостойкие (узлы трения с рабочей температурой  $<40$  °C);

И — противозадирные и противоизносные;

Х — химически стойкие;

П — приборные;

Т — редукторные (трансмиссионные);

Д — приработочные пасты;

У — узкоспециализированные (отраслевые).

Консервационные смазки обозначаются буквой «З», канатные — «К».

Уплотнительные смазки имеют три подгруппы:

А — арматурные (для манжет);

Р — резьбовые;

В — вакуумные (для уплотнений в вакуумных системах).

В зависимости от применения смазки делят на общего назначения, многоцелевые и специализированные.

### **Смазки общего назначения**

Кальциевые смазки имеют общее название — солидолы. Это самые массовые и дешевые антифрикционные смазки, относятся к среднеплавким. Кальциевые смазки выпускаются следующих марок: солидол Ж, пресссолидол Ж, солидол С или пресссолидол С.

### **Специализированные смазки**

К специализированным смазкам относятся около 20 марок смазок разного качества. Они наиболее эффективно используются в качестве несменяемых и непополняемых смазок в процессе эксплуатации.

Графитная — применяется преимущественно в открытых узлах.

АМ карданная — для карданных шарниров равных угловых скоростей (Тракта, Рцеппа, Вейса) грузовых автомобилей, склонна к вытеканию из узлов.

Шрус-4 — для шарниров равных угловых скоростей (типа Бирфильд) легковых автомобилей; работоспособна при температуре от —40 до 130 °С, водостойка, имеет высокие противозадирные и противоизносные свойства.

ШРБ-4 — для герметизированных шарниров подвесок и рулевого управления, диапазон рабочих температур от —40 до 130 °С.

ЛСЦ-15 — применяется в шлицевых соединениях, шарнирах и осях приводов передней, стеклоподъемниках; обладает высокой водостойкостью, адгезией (прилипаемостью) к металлам, хорошими консервационными свойствами.

### **Термостойкие смазки**

Предел работоспособности термостойких смазок — от 150 до 250 °С.

Униол-3М — водостоек, обладает хорошей коллоидной стабильностью и противозадирными свойствами.

ЦИАТИМ-221 — можно применять при температурах от —60 до 150 °С, химически стабильна к резине и полимерным материалам.

### **Морозостойкие смазки**

Морозостойкие смазки работоспособны во всех узлах трения в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Зимол — морозостойкий аналог смазки Литол-24.

Лита — многоцелевая морозостойкая рабоче-консервационная смазка, водостойкая.

ЦИАТИМ-201 — основная морозостойкая смазка для автомобилей, обладает посредственными противозадирными свойствами, при хранении выделяет масло. Зимол и Лита, уступая ей по морозостойкости, превосходят по противоизносным свойствам, работоспособности при повышенных температурах.

### **Канатные антифрикционные смазки**

Комплексное мыло обозначают строчной буквой к, после коей указывают индекс соответствующего мыла (кКа, кБа и т. д.). Смесь двух и более загустителей обозначают составным индексом (Ка-На, Ли-Бн, Си-Пг и т. д.). Индексы М, О, Н, применяют только в тех случаях, когда загуститель, входящий в одну из трех групп (мыла, органические и неорганические вещества), не предусмотрен перечнем. После двух буквенных индексов указывается в виде дроби рекомендуемый температурный интервал применения смазки в числителе (без знака минус) минимальную, а в знаменателе максимальную тем-

пературу, уменьшенные в 10 раз. Например, индекс 3/13 соответствует температурному интервалу применения от —30 до 130 °С. За минимальную температуру применения принимают при которой вязкость антифрикционной смазки, определенная по ГОСТ 7163—63, составляет 2000 Па·с. Максимальную температуру применения, а для приработочных, узкоспециализированных, брикетных, консервационных, канатных, резьбовых смазок и минимальную указывают в соответствии с технической документацией на смазку. Рекомендуемый температурный интервал имеет ориентировочный характер, так как допустимые температуры применения зависят не только от свойств смазки, но и от конструкции и условий работы (скорость, нагрузка, срок смены смазки) узла трения и т. п. Серьезные трудности возникают при использовании канатных смазок в холодных районах страны. При низких температурах (ниже —20° С) может нарушаться сплошность смазочного слоя на канате. В таких случаях следует применять морозостойкие канатные смазки, обладающие достаточной эластичностью и адгезией к металлу при низких-температурах. Скорости и нагрузки при подборе канатных смазок, как правило, не играют роли. Все они имеют хорошие противоизносные свойства. Последнее объясняется тем, что канатные смазки приготовлены на вязких остаточных маслах и тяжелых нефтепродуктах. Кроме того, некоторые канатные смазки содержат противозадирные компоненты и антифрикционные

### 3. Типы загустителей, присадки и наполнители

**Загустители** (thickeners) - это мягкие, мылообразные органические вещества, которые смешиваются с маслом для повышения его густоты до необходимого в конкретном применении уровня. В качестве загустителей чаще всего применяют соли металлов и жирных органических кислот, которые называются мылами (soaps).

Загустители предопределяют свойства смазок и являются основой для их характеристики. Волокнистая структура загустителя обуславливает густоту, консистенцию и механическую стабильность смазки, а химическая структура - стойкость к высокой температуре и другие химические свойства. Доля загустителя в смазках составляет 4...20 %.

В качестве загустителей применяют **простые, смешанные и комплексные мыла** металлов Ca, Li, Na, Ba, Al, а также **твёрдые углеводороды, силикагели, полимеры** и другие вещества. При определении сорта смазки указывается тип загустителя. Для получения высококачественных смазок в последние годы стали применять модифицированные загустители. Модифицируют мыла жирных кислот и неорганические загустители. Кальциевые и литиевые мыла изготавливаются чаще всего на основе гидроокисистеариновой кислоты.

Присадки могут быть растворенными (функциональные присадки) или находится в смазке в виде мелких частиц – взвеси (наполнители). Присадки улучшают антифрикционные, противоизносные, противозадирные свойства смазок, способствуют их адгезии к смазываемым поверхностям, повышают термическую и коллоидную стабильность, уменьшают коррозию и ржавление.

#### **Функциональные присадки.**

Функциональные присадки улучшают химическую стабильность, термостойкость, защитные и смазочные свойства. Особо важны противоизносные, разделяющие, антикоррозионные и противозадирные (EP) присадки.

Подбор присадок при изготовлении смазок осуществляется с учетом назначения. Например, присадки, повышающие липкость, необходимые для смазывания шарниров, вредны в случае смазывания быстроходных подшипников.

#### **Наполнители.**

Графит, сажа, дисульфид молибдена, сульфид цинка, тальк, медь и другие металлы вводятся в смазки в виде порошка в качестве сухой смазки (dry lubricant). Их действие больше всего проявляется в зонах интенсивного трения. Большинство твердых присадок работоспособны до температуры + 300...400 °С.

Порошки металлов. Порошок меди в определенных условиях улучшает смазочные свойства смазок. Порошки цинка и свинца улучшают уплотнительные свойства смазок для резьбовых соединений.

Политетрафторэтилен используется в качестве твердой смазки и характеризуется наименьшим коэффициентом трения по сравнению с другими веществами, кроме того, сохраняет мягкость до минус 20 °С, а прочность и химические свойства – до + 300 °С. Твердые смазки придают смазкам запасные свойства.

Этот термин применяется для характеристики работы твердой смазки в зонах предельного и смешанного трения. Они защищают поверхности от выкрашивания при недостаточном смазывании. Твердые смазки чаще всего применяются в узлах трения при малых скоростях и высоких нагрузках. При высоких скоростях они не эффективны.

### **Полимерные присадки.**

Полимерные присадки улучшают индекс вязкости, адгезию, уменьшают износ и трение. Агенты липкости (tackiness agent),

например, полизобутилен, применяются для смазывания ходовой части. Для смазывания подшипников присадки прилипания должны применяться осторожно. Слишком липкая смазка выдавливается с трудом и может привести к перегреву подшипника.

## **4. Ассортимент смазок.**

**ЯНЗ-2** (тугоплавкая, неводостойкая натриево-кальциевая смазка). Ее используют до температур ми-нус 30 °С на автомобилях всех моделей для смазывания подшипников ступиц колес, водяных насосов,

промежуточных опор карданных валов, опор привода вентилятора и других подшипниковых узлов, защищенных уплотнениями от проникновения воды.

**Литол-24** (тугоплавкая водостойкая смазка, изготовленная с применением литиевого мыла). Является универсальной по назначению. Ее употребляют для тех же целей, что и смазку ЯНЗ-2 на автомобилях всех моделей, всесезонно, во всех климатических районах страны. Может заменять солидолы всех марок для смазывания открытых узлов трения.

**ЦИАТИМ-201** (тугоплавкая литиевая смазка). Всесезонно используется для смазывания втулок ва-лика прерывателя-распределителя, подшипников генератора, гибкого вала спидометра, замков и петель дверей, тяг привода, заключенных в оболочки, шарниров рулевых тяг (при их сборке). Ее можно применять вместо смазки Литол-24 при работе автомобилей на Крайнем Севере.

**Смазка № 158** (водостойкая тугоплавкая, изготовлена на калиевом и литиевом мылах). Смазку закладывают в игольчатые подшипники при сборке карданных шарниров, не имеющих пресс-масленок.

**Фиол-1** (литиевая смазка). На автомобилях ВАЗ ею смазывают шлицевое соединение карданного вала и салазки перемещения сидений.

**АМ-1** (карданская смазка, натриевая, среднеплавкая, неводостойкая) служит для смазывания шариковых карданов равных угловых скоростей в передних ведущих мостах автомобилей повышенной проходимости. Эту же смазку в смеси с трансмиссионным маслом ТА-15В в отношении 1:1 используют для дисковых карданов равных угловых скоростей на полноприводных автомобилях "Урал" и КрАЗ.

**ШРБ-4** (водостойкая тугоплавкая смазка). Предназначена для применения в шаровых пальцах передней подвески и рулевых тяг на автомобилях.

**УСс-А** (графитная смазка, водостойкая, кальциевая, содержащая 10 % графита). Ее используют преимущественно для смазывания листов рессор, тросов привода тормозных механизмов в оболочках, а на автомобилях МАЗ и КрАЗ – и для смазывания шлицев

скользящих вилок карданных валов.

ВТВ-1 (защитная смазка – волокнистый технический вазелин). Смазку наносят для предохранения от коррозии на наконечники проводов и полюсные выводы аккумуляторных батарей, на поверхности трения крышки багажника, упора капота, ограничителя, открывания двери, на шарниры и пружины крышки топливного бака и т.п.

ЛВК (углеводородная защитная смазка). Применяют ее для тех же целей, что и смазку ВТВ-1, но из-за недостаточной температурной стойкости не рекомендуется использовать летом в южных районах

## **1. 8 Лекция №8 (2 часа).**

**Тема: «Эксплуатационные свойства и применение специальных жидкостей»**

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Эксплуатационные свойства гидравлических масел.
2. Эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей.
3. Эксплуатационные свойства тормозных жидкостей.
4. Эксплуатационные свойства амортизаторных жидкостей

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Эксплуатационные свойства гидравлических масел.

Гидравлические масла используются в гидравлических приводах систем управления, в подъемных устройствах автомобилей-самосвалов и дополнительного оборудования.

Являясь рабочим элементом в гидравлических приводах, они также предохраняют трущиеся детали от износа, отводят избыточное тепло, и удаляют продукты износа и загрязнения.

При работе гидравлические масла подвергаются большому перепаду температур — от минус 30 до плюс 80 °С; давление в системе составляет 10—15 МПа; скорость скольжения до 20 м/с; имеет место постоянный контакт с черными и цветными металлами, уплотнениями и шлангами при высоких давлениях и температурах. Поэтому к гидравлическим маслам предъявляются следующие эксплуатационные требования:

- хорошие вязкостно-температурные свойства (при максимальной температуре вязкость должна быть не ниже 7  $\text{мм}^2/\text{с}$ , а при минимальной — не ниже 1000  $\text{мм}^2/\text{с}$ );
- низкая температура застывания;
- хорошие смазывающие свойства, не вызывающие коррозии и не разрушающие резиновых изделий;
- стабильность при хранении и использовании;
- хорошие антипенные свойства;
- низкая пожароопасность;
- недефицитность.

Чаще всего для заполнения гидросистем в качестве жидкости используются мало-вязкие нефтяные масла или их смеси. Иногда добавляются вязкостные, противоизносные и антиокислительные присадки.

#### **Классификация гидравлических масел и их обозначение**

По кинематической вязкости гидравлические масла делят на десять классов, а по эксплуатационным свойствам — на три группы.

Обозначение гидравлических масел состоит из трех групп знаков: букв «МГ» (минеральное гидравлическое); цифр, обозначающих класс кинематической вязкости; буквы, указывающей на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

Пример обозначения гидравлического масла МГ-15-В: МГ обозначает масло гидравлическое; 15 — класс вязкости; В — группа по эксплуатационным свойствам.

Отечественная классификация гидравлических масел по группам в зависимости от эксплуатационных свойств имеет зарубежные аналоги.

Группа масла:

по ГОСТ 17479-85 .... А Б В

по ISO 6074/4 1982/Е .... НН Н НМ

## 2. Эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей.

### **Назначение и требования к охлаждающим жидкостям**

При сгорании топлива в двигателе часть тепла идет на нагрев стенок камеры сгорания и всего двигателя. При достижении критической температуры двигатель перегревается, при этом ухудшается наполнение цилиндров и условия смазывания, появляется детонация, калильное зажигание, увеличивается расход топлива, снижается мощность двигателя. Для поддержания нормальной температуры двигателя его охлаждают, используя для этого охлаждающие жидкости.

К охлаждающим жидкостям предъявляются следующие требования:

— высокая температура кипения (во избежание образования паровых пробок и потери жидкости);

- низкая температура замерзания;
- высокая теплоемкость и теплопроводность;
- высокая химическая и физическая стабильность;
- коррозионная пассивность;
- не вступать в реакцию с резиновыми деталями;
- оптимальная вязкость;
- отсутствие образования накипи;
- низкая стоимость и недефицитность;
- нетоксичность и пожаробезопасность.

При температурах выше нуля всем перечисленным требованиям отвечает вода, основными преимуществами которой являются безвредность, доступность, стоимость. Вязкость воды обеспечивает легкость ее циркуляции в системе охлаждения. Вода обладает большой теплоемкостью.

### **Низкозамерзающие жидкости**

В современных автомобильных двигателях в качестве охладителя применяют низкозамерзающие охлаждающие жидкости, или антифризы.

Наибольшее распространение получили этиленгликолевые антифризы, представляющие собой раствор этиленгликоля в воде. Этиленгликоль — это двухатомный спирт  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$  — бесцветная и без запаха жидкость, кипящая при температуре 197 °С и застывающая при -12 °С. Водные растворы этиленгликоля застывают при более низкой температуре. Так, раствор, содержащий 67 % этиленгликоля и 33 % воды, застывает при температуре —75 °С.

Этиленгликолевые антифризы имеют повышенную коррозионную активность к металлам и разрушают резину. Для устранения этих недостатков в антифризы вводят присадки: декстрин, предохраняющий от разрушения свинцово-оловянный припой, алюминий и медь; динатрийфосфат, защищающий черные металлы, медь и латунь. Иногда вводят молибденовый натрий, предотвращающий коррозию цинковых и хромовых покрытий на деталях системы охлаждения. В этом случае к марке антифриза добавляют индекс «М».

Отечественной промышленностью выпускаются следующие марки антифризов: простые антифризы — 40, 65, 40М, 65М; тосолы — Тосол А, Тосол А-40, Тосол А-65.

Тосолы отличаются от простых антифризов наличием противопенных и антифрикционных присадок. Цифра в марке антифриза показывает наивысшую температуру застывания.

Тосол А — концентрированный этиленгликоль с присадками. Для получения антифризов марок 40 или 65 его необходимо растворить в соответствующем количестве дистиллированной воды.

В антифризы вводят краситель.

Определить температуру застывания антифриза можно по его плотности и показателю преломления. Зная коэффициент преломления антифриза, можно определить в нем содержание этиленгликоля:

Этиленгликоль — сильный яд, поэтому после контакта с ним необходимо тщательно вымыть руки.

При эксплуатации в первую очередь испаряется вода, это изменяет состав, а следовательно, и температуру застывания антифриза.

Температурный коэффициент объемного расширения у антифризов больше, чем у воды, поэтому заливать его следует на 5—8 % меньше, чем воды, или использовать в составе системы охлаждения расширительный бачок;

Нельзя допускать попадания в антифриз нефтепродуктов, так как в этом случае распадаются присадки.

### 3. Эксплуатационные свойства тормозных жидкостей.

Тормозные жидкости служат для передачи энергии к исполнительным механизмам в гидроприводе тормозной системы автомобиля.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа и более. Развиваемое давление передается на поршни колесных цилиндров, которые прижимают тормозные на-кладки к тормозным дискам или барабанам. При торможении кинетическая энергия при трении превращается в тепловую. При этом освобождается большое количество теплоты, которое зависит от массы и скорости автомобиля. При экстренных торможениях автомобиля температура тормозных колодок может достигать 600 °С, а тормозная жидкость нагреваться до 150 °С и выше. Высокие температуры в тормозах и гигроскопичность жидкости приводят к ее обводнению и преждевременному старению. В этих условиях жидкость может отрицательно влиять на резиновые манжетные уплотнения тормозных цилиндров, вызывать коррозию металлических деталей. Но наибольшую опасность для работы тормозов представляет возможность появления в жидкости пузырьков пара и газа, образующихся при высоких температурных режимах эксплуатации из-за низкой температуры кипения самой жидкости, а также при наличии в ней воды.

При нажатии на педаль тормоза пузырьки газа сжимаются, и так как объем главного тормозного цилиндра невелик (5...15 мл), даже сильное нажатие на педаль может не привести к росту необходимого тормозного давления, т.е. тормоз не работает из-за наличия в системе паровых пробок.

Надежная работа тормозной системы — необходимое условие безопасной эксплуатации автомобиля, поэтому тормозная жидкость является ее функциональным элементом и должна отвечать комплексу технических требований. Важнейшие из них рассмотрены ниже.

**Температура кипения.** Это важнейший показатель, определяющий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов. Для большей части современных тормозных жидкостей температура кипения в процессе эксплуатации снижается из-за их высокой гигроскопичности. К этому приводит попадание воды, главным образом за счет конденсации из воздуха. Поэтому наряду с температурой кипения "сухой" тормозной жидкости определяют температуру кипения "увлажненной" жидкости, содержащей 3,5% воды.

Температура кипения "увлажненной" жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет "закипать" через 1,5...2 года ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля. Для надежной работы тормозов необходимо, чтобы она была выше

рабочей температуры жидкости в тормозной системе.

Из опыта эксплуатации следует, что температура жидкости в гидроприводе тормозов грузовых автомобилей обычно не превышает 100 °С. В условиях интенсивного торможения, например на горных дорогах, температура может подняться до 120 °С и более.

В легковых автомобилях с дисковыми тормозами температура жидкости при движении по магистральным автострадам составляет 60...70 °С, в городских условиях достигает 80...100 °С, на горных дорогах 100...120 °С, а при высоких скоростях движения, температурах воздуха и при интенсивных торможениях - до 150 °С. В некоторых случаях (спецмашины, спортивные автомобили и т.д.) температура жидкости может превышать указанные значения.

Следует отметить, что начало образования паровой фазы тормозных жидкостей при нагреве, а следовательно, и паровых пробок в гидроприводе тормозов происходит при температуре на 20...25 °С ниже температуры кипения жидкости. Это обстоятельство принимается во внимание при установлении показателей качества тормозных жидкостей.

Согласно требованиям международных стандартов температура кипения "сухой" и "увлажненной" тормозной жидкости должна иметь значения соответственно не менее 205 и 140 °С для автомобилей при обычных условиях их эксплуатации и не менее 230 и 155 °С - для автомобилей, эксплуатирующихся на режимах с повышенными скоростями или с частыми и интенсивными торможениями, например на горных дорогах. Следует иметь в виду, что на автомобиле, остановившемся после интенсивных торможений, температура жидкости может некоторое время повышаться за счет теплоты тормозных колодок из-за прекращения их охлаждения встречным потоком воздуха.

*Вязкостно-температурные свойства.* Процесс торможения обычно длится несколько секунд, а в экстренных условиях - доли секунды. Поэтому необходимо, чтобы сила, прилагаемая водителем к педали, быстро передавалась на поршни рабочих цилиндров. Это условие обеспечивается необходимой текучестью жидкости и определяется максимально допустимой вязкостью при температуре —40 °С: не более 1500 мм<sup>2</sup>/с для жидкостей общего назначения и не более 1800 мм<sup>2</sup>/с - для высокотемпературных жидкостей. Жидкости для Севера должны иметь вязкость не более 1500 мм<sup>2</sup>/с при -55 °С.

*Антикоррозионные свойства.* В гидроприводе тормозов детали из различных металлов соединяются между собой, что создает условия для протекания электрохимической коррозии. Для предотвращения коррозии жидкости должны содержать ингибиторы, защищающие сталь, чугун, белую жесть, алюминий, латунь, медь от коррозии. Их эффективность оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из указанных металлов после их выдерживания в тормозной жидкости, содержащей 3,5% воды, в течение 120 ч при 100 °С.

*Совместимость с резиновыми уплотнениями.* Для обеспечения герметичности гидросистемы на поршни и цилиндры ставят резиновые уплотнительные манжеты. Необходимое уплотнение обеспечивается, когда под воздействием тормозной жидкости манжеты несколько набухают и их уплотнительные кромки плотно прилегают к стенкам цилиндра. При этом недопустимо как слишком сильное набухание манжет, так как может произойти их разрушение при перемещение поршней, так и усадка манжет, чтобы не допустить утечки из системы.

Испытание на набухание резины осуществляется при выдерживании манжет или образцов резины в жидкости при 70 и 120 °С. Затем определяется изменение объема, твердости и диаметра манжет.

*Смазывающие свойства.* Влияние жидкости на износ рабочих поверхностей тормозных поршней, цилиндров, манжетных уплотнений проверяется при стендовых испытаниях, имитирующих работу гидропривода тормозов в тяжелых условиях эксплуатации.

*Стабильность при высоких и низких температурах.* Тормозные жидкости в интервале рабочих температур от -50 до 150 °С должны сохранять исходные показатели, т.е. противостоять окислению и расслаиванию при хранении и применении, образованию

осадков и отложении на деталях гидропривода тормозов.

*Ассортимент и эксплуатационные свойства.* В настоящее время выпускается несколько марок тормозных жидкостей.

Жидкость **БСК** (ТУ 6-10-1533-97) представляет собой смесь бутилового спирта и касторового масла, имеет хорошие смазывающие свойства, но невысокие вязкостно-температурные показатели, используются в основном на старых моделях автомобилей.

Жидкость **"Нева"** (ТУ 6-01-34-93) - основными компонентами являются гликоловый эфир и полиэфир, содержат антикоррозионные присадки. Работоспособна при температуре до  $-40\ldots-45$  С. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей.

Жидкость **ГТЖ-22м** (ТУ 6-01-787-86) - на гликоловой основе. По показателям близка к "Неве", он обладает худшими антикоррозионными и вязкостно-температурными свойствами. Рекомендуется для применения лишь на отдельных моделях грузовых автомобилей.

Жидкость **"Томь"** (ТУ 2451-076-05757618-2000) разработана взамен жидкости "Нева". Основные компоненты - концентрированный гликоловый эфир, полиэфир, бораты; содержит антикоррозионные присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем "Нева", более высокую температуру кипения. Совместима с "Невой" при смешивании в любых соотношениях. Соответствует требованиям мировых стандартов FMVSS 116, SAE J 1703.

Жидкость **"Роса ДОТ-4"**, (ТУ 2451-004-10488057-94) - высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе боросодержащего полиэфира, содержит антиокислительные и антикоррозионные присадки. Основной компонент - боросодержащий полиэфир; содержит антикоррозионные присадки. Она имеет высокие значения температуры кипения (260 °С) и температуры кипения "увлажненной" жидкости (165 °С). Это обеспечивает надежную работу тормозной системы при тяжелых эксплуатационных режимах и позволяет увеличить срок службы жидкости. Согласно международной классификации "Роса" удовлетворяет всем нормам класса DOT-4, что на сегодня является наиболее высоким уровнем эксплуатационных качеств. "Роса" без ограничений пригодна для использования в современных отечественных и зарубежных автомобилях.

Чтобы исключить возможность образования паровых пробок, жидкость "Нева" в зависимости от условий эксплуатации автомобилей рекомендуется заменять через 1...2 года; срок службы жидкостей "Томь" и "Роса" может быть более двух лет.

Низкотемпературные показатели неудовлетворительны у БСК. Уже при температуре  $-15\ldots-17$  °С образуются кристаллы касторового масла. С дальнейшим понижением температуры происходит потеря подвижности; при температуре ниже  $-20$  °С жидкость БСК неработоспособна.

Жидкости "Нева", "Томь", "Роса" работоспособны до  $-40\ldots-45$  °С.

Для автомобилей, эксплуатирующихся в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой вязкость при  $-55$  °С должна быть не более  $1500$   $\text{мм}^2/\text{с}$ . При отсутствии такой жидкости практикуется разбавление жидкости "Нева" и "Томь" 18...20% этилового спирта. Такая смесь работоспособна при температуре до  $-60$  °С, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых манжетных уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом -вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации смесь следует заменить.

Жидкости "Нева", "Томь", "Роса" совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо, так как приведет к расслоению смеси и потере необходимых эксплуатационных свойств.

Зарубежными аналогами жидкостей "Нева" и "Томь" являются жидкости соответствующие международной классификации ДОТ-3, которые имеют температуру кипения более  $205$  °С, а для жидкости "Роса" -жидкости ДОТ-4 с температурой кипения более  $230$  °С.

Жидкости типа БСК на современных моделях автомобилей за рубежом не применяются.

#### 4. Эксплуатационные свойства амортизаторных жидкостей

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкие масла, которыми заполняют гидравлические амортизаторы. Они должны обладать хорошими смазывающими и антикоррозионными свойствами, иметь низкую температуру застывания и достаточную вязкость при температуре до 100 °С, стабильность, обеспечивающую сменную работу до 100 тыс. км пробега автомобиля.

Основным показателем для амортизаторных жидкостей является вязкость. Большинство рабочих жидкостей, применяемых в телескопических амортизаторах, имеют следующие значения вязкости: при температуре 20 °С — 30—60 мм<sup>2</sup>/с; 50 °С — 10—16 мм<sup>2</sup>/с; 100 °С — 3,5—6,0 мм<sup>2</sup>/с. Высокие требования предъявляются к вязкости амортизаторной жидкости при отрицательных температурах. Так, при температуре —20 °С вязкость не должна превышать 800 мм<sup>2</sup>/с. При более высокой вязкости работа амортизатора резко ухудшается и происходит блокировка подвески. Уже при температуре —30 °С вязкость товарных амортизаторных жидкостей превышает 2000 мм<sup>2</sup>/с, а при —40 °С достигает 5000—10 000 мм<sup>2</sup>/с. При таких температурах обеспечить требуемую вязкость могут амортизаторные жидкости на синтетической основе.

Выпускаются амортизаторные жидкости марок АЖ-12Т и МГП-10.

Амортизационная жидкость АЖ-12Т — прозрачная, цвет от светло-желтого до светло-коричневого, является смесью маловязкого минерального масла и полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками, температура застывания —52 °С.

Амортизационная жидкость МГП-10 — прозрачная, цвет от светло-желтого до светло-коричневого, является смесью трансформаторного масла и полисилоксановой жидкости с добавлением животного жира, антиокислительной и противопенной присадок, температура застывания не выше —40 °С. МГП-10, применяемая уже длительное время в амортизаторах легковых автомобилей классических моделей, не обеспечивает достаточной износостойкости телескопических стоек переднеприводных моделей. Поэтому на смену ей была разработана амортизаторная жидкость МГП-12 с улучшенными смазывающими свойствами.

В состав амортизаторных жидкостей вводят различные добавки против окисления, вспенивания, повышения смазывающих свойств и температуры застывания.

Простейшими заменителями амортизаторных жидкостей могут служить индустриальное, турбинное и трансформаторные масла, а также их смеси, однако при понижении температуры у них значительно возрастает вязкость, что приводит к жесткой работе амортизатора.

### 1. 9 Лекция №9 (2 часа).

**Тема:** «Основы рационального использования нефтепродуктов»

#### 1.9.1 Вопросы лекции:

1. Область применения различных нефтепродуктов.
2. Экономия топлива при транспортировке, хранении, заправке, техническом и технологическом обслуживании машин, использовании энергетических средств.
3. Сбор и восстановление эксплуатационных свойств отработанных нефтепродуктов.
4. Влияние топлива, масел и специальных жидкостей на окружающую среду.

#### 1.9.2 Краткое содержание вопросов:

## 1. Область применения различных нефтепродуктов.

Стремительному развитию нефтедобывающей промышленности способствовало изобретение двигателей – парового, а после него дизельного и бензинового. Одним из наиболее важных свойств нефти считается ее склонность к горению.

Основным продуктом нефтепереработки, безусловно, является жидкое топливо (занимает более 50 % от общего объема продукции, производимой из нефти во всем мире):

- бензин;
- дизтопливо;
- авиационный керосин;
- мазут.

### **Области применения**

2-е место после топлива занимает производство пластмассы – ежегодный объем выпускаемой продукции превышает 180 млн. тонн. Он присутствует в бытовой технике, отдельных элементах автомобилей, самолетов, поездов, промышленной техники. Сантехника, холодильники, канцелярские товары производятся из стирола, а детские игрушки, обувная подошва и оболочка силовых кабелей – из этиленвинилацетата. А эти материалы также производятся путем переработки нефтепродуктов.

Другие сферы применения нефти:

- Медицина – салициловая кислота, необходимая для производства аспирина, фенилсалицилата (препарат, используемый при желудочно-кишечных заболеваниях) и парааминосалициловой кислоты (применяется в составе противотуберкулезных лекарственных средств) вырабатывается из фенола. Нефтепродукты присутствуют во множестве антибиотиках, противоаллергических препаратах и антибиотиках;
- Косметология и украшения – тени для век, лак для ногтей, косметические карандаши, всевозможные красители, бижутерия, большинство ароматов для духов синтезируются именно из нефтехимических продуктов;
- Производство синтетических тканей – прочный нейлон, мягчайший акрил, эластичная лайкра, воздухонепроницаемый и не мнущийся полиэстер. Из них изготавливаются быстросохнущие, удерживающие тепло вещи, а также нижнее белье и купальники, колготки, обувь и сумки.

В сыром виде нефть используется лишь при строительстве линий электропередач и трубопроводов для закрепления барханных песков.

Из отходов нефтеперерабатывающего производства производят кокс, широко используемый при изготовлении сварочных электродов и в металлургической отрасли.

Большую популярность завоевала «белая нефть» (дает свыше 80 % керосина) при лечении некоторых онкологических заболеваний. А о целебных свойствах керосина знают практически все – народные лекари делают из него различные мази и настойки, рекомендуют натирать им больные участки на теле, прикладывать компрессы.

Продуктом вторичной переработки нефти является сырье, используемое при изготовлении синтетических резины, ткани, каучука, полимерных пленочных материалов, лакокрасочных покрытий, моющих средств, удобрений и многое другое. Гудрон (остаточный концентрат после переработки нефти) применяется при изготовлении строительных и дорожных покрытий.

А совсем недавно нашли еще одно применение нефти – человеческая пища. Это достигнуто благодаря микробиологическому синтезу белка из отходов нефтеперерабатывающего производства и нефтепродуктов. Полученный таким образом белок заменяет однотипный продукт животного происхождения и используется для производства различных пищевых продуктов.

## 2. Экономия топлива при транспортировке, хранении, заправке, техническом и технологическом обслуживании машин, использовании энергетических

средств.

При производстве эксплуатационных материалов затрачиваются большие материальные средства, поэтому топлива, смазочные масла, пластичные смазки, технические жидкости являются ценностями продуктами, экономия которых имеет большое народнохозяйственное значение.

Экономия материалов складывается из комплекса мероприятий при их приёме, хранении, выдаче, расходовании и т.д.

**Экономия топлива** заключается в предотвращении и сокращении потерь на складе, при заправке, умелом вождении, поддержании автомобиля в технически исправном и отрегулированном состоянии.

Потери нефтепродуктов могут быть количественные и качественные и качественные. Они возникают по разным причинам. Количественные потери увеличивают расход нефтепродуктов, повышают стоимость эксплуатации машин, качественные изменения изменяют качество нефтепродуктов.

Количественные потери наблюдаются при разливе, разбрзгивании и утечках нефтепродуктов, через краны, фланцевые соединения, и муфтовые соединения на всех этапах транспортировки, хранении, заправке и применении. Эти потери происходят из-за испарения, различных подтеканий, просачивания нефтепродуктов, вследствие неисправности оборудования и резервуаров, автоцистерн, плохого соединения трубопроводов, неправильного использования шлангов, отсутствия механизированной заправки.

Для снижения количественных потерь необходимо немедленно исправлять замеченные неполадки. Потери от испарения полностью устранить не удаётся.

Потери нефтепродуктов от испарения бывают при хранении, отпуске и приёмке, перевозках, заправках и других операциях.

В резервуарах заполненных нефтепродуктами, всё время происходят сложные и недостаточно изученные процессы испарения, конвенции паров, что приводит к потерям нефтепродуктов. Потери топлив неизбежны при так называемых дыханиях резервуаров. Различают «малое дыхание» наблюдаемое из-за разности температур дня и ночи, и «большое дыхание», например, при наполнении резервуаров.

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. В результате исследований установлено, что средняя температура парового пространства в резервуаре выше средней температуры наружного воздуха на 2...8 градусов для вертикальных и на 1...10 градусов для горизонтальных резервуаров.

Уменьшить потери от испарения при больших дыханиях резервуара можно проведением следующих мер:

- 1) уменьшением различных перекачек нефти внутри нефтебазы;
- 2) заполнением резервуара снизу под уровень находящегося в резервуаре продукта, что снижает на 30...40 % потери по сравнению с наливом открытой струёй сверху;
- 3) установкой на крыше резервуаров возвращающих адсорберов, в которые улавливается нефтепродукт находящийся в паро-воздушной смеси;
- 4) установкой газовых труб, с помощью которых соединяют между собой резервуары, предназначенные для хранения одного сорта нефтепродуктов. В этом случае при заполнении резервуара паровоздушная смесь из него будет вытесняться в другую, а не бесследно теряться в атмосфере;
- 5) запрещением проветривать резервуар перед новым заполнением, т.к. при проветривании в 2...4 раза увеличиваются потери.

Рекомендуется также проводить ряд других мероприятий для уменьшения потерь нефтепродуктов от испарения. Хранение легко испаряющихся жидкостей в подземных резервуарах, в вертикальных резервуарах, окраска резервуаров в светлые цвета, отражающие солнечные лучи и обеспечивающие меньшее нагревание нефтепродукта. При хранении нефтепродуктов в бочках, последние необходимо помещать в укрытиях, закрывать брезентом, охлаждать сверху водой и т.д.

Потери увеличиваются при большой поверхности испарения. Поэтому для уменьшения потерь выгоднее хранить нефтепродукт в большей ёмкости, чем то же количество, но в нескольких малых ёмкостях.

При транспортировке нефтепродуктов в бочках надо следить за правильным их наполнением (90...95 %), обеспечить полную герметизацию бочек, и правильное крепление в кузовах машин. Перекатывание бочек приводит к их смятию и пробоинам, что вызывает большие потери.

Качественные потери происходят от загрязнения и обводнения нефтепродуктов в результате внутренних химических превращений, при испарении топлив, их смешивании и т.д.

Для устранения потерь, необходимо следить за правильным оснащением автоцистерн, своевременным проведением профилактики и ремонта, нельзя допускать переполнения цистерн, разлива нефтепродуктов.

Существенное влияние на расход имеет техническое состояние автомобиля. Даже мелкие неисправности автомобиля, не имеющие прямого отношения к расходу топлива, могут стать причиной его перерасхода.

Например, слабый свет фар, вызванный разными причинами, не должен влиять на расход топлив. Однако из-за плохой видимости водитель вынужден снижать скорость и двигаться на скорости ниже экономичной. Кроме того, водитель не может использовать накат автомобиля и развить нужную скорость перед подъёмом.

Для поддержания автомобиля в исправном состоянии необходимо своевременно и в полном объёме проводить техническое обслуживание автомобиля.

Экономия и рациональное использование топлив в двигателях внутреннего сгорания могут быть достигнуты тремя комплексами мероприятий:

- усовершенствованием конструкции и технологии производства двигателей;
- улучшением эксплуатации двигателей;
- повышением качества топлива и смазочных материалов.

Метод изучения проблемы экономии топливо-энергетических ресурсов должен быть построен на строго системном подходе. Рассмотрим структуру этой системы, т.е. её основные компоненты и взаимосвязи. В общем виде она должна рассматриваться как замкнутая система с обратными связями, состоящая из трёх основных звеньев:

Двигатель (ДВС) - топливо и смазочные материалы (ТСМ) - комплекс эксплуатационного воздействия (КЭВ).

При эксплуатации двигателя на его топливную экономичность оказывают влияние следующие элементы, составляющие подсистемы каждого из звеньев.

Звено ДВС: 1 - рабочий цикл; 2 - преобразователь индикаторной работы в эффективную (поршневая группа и кривошипно-шатунный механизм); 3 - техническое состояние двигателей.

Звено ТСМ: 1 - теплота сгорания топлива; 2 - детонационная стойкость, склонность к воспламенению; 3 - вязкостно-температурные свойства ТСМ.

Звено КЭВ: 1 - научно обоснованная система нормирования расхода ТСМ; 2 - уровень и эффективность контроля за расходом топливно-энергетических ресурсов; 3 - организация перевозок грузов и пассажиров; 4 - техническое состояние транспортных средств; 5 - квалификация и дисциплина технического персонала.

Для обеспечения экономии топлива необходимо осуществить ряд организационно-технических мероприятий.

По первому звену: двигатель должен соответствовать современному, а лучше перспективному техническому уровню. Различными конструктивными и технологическими мерами его топливная экономичность по ездовому циклу должна быть доведена до уровня лучших мировых образцов. Если применить наиболее эффективные средства повышения топливной экономичности, например, двигателей с искровым зажиганием (комплексную адаптивную микропроцессорную систему управления силовым агрегатом, расслоение за-

ряда и др.), то можно ожидать улучшения топливной экономичности по ездовому циклу до 15 %.

По второму звену системы для эксплуатации транспортного средства, имеющего адаптивную систему угла опережения зажигания по критерию детонации, как показывают опытные данные, при неизменной степени сжатия октановое число бензина может быть понижено на 5...7 единиц. Например, бензин Регуляр-91, рекомендуемый для данного двигателя без адаптивной системы, может быть заменён бензином Нормаль-80. Следует полагать, что для нового двигателя будут применены высокоиндексные моторные масла с антифрикционными присадками. Использование таких масел позволит не только уменьшить расход топлива в период пуска и прогрева (сократив их продолжительность и понизив гидродинамические потери), но и увеличить механический КПД (путём уменьшения коэффициента трения). Эти мероприятия позволят сократить расход топлива на 5...10 %.

По третьему звену: комплекс КЭВ на различных этапах действий его элементов положительно воздействует на эксплуатационно-топливную экономичность транспортного средства в целом.

В реальных условиях все элементы этих звеньев не всегда могут дать положительный эффект, но несомненно, что их положительное или отрицательное влияние в той или иной мере проявится.

К перерасходу приводят неправильная организация заправки машин нефтепродуктами, большие холостые перегоны машин, работа двигателя на богатой смеси, повышенное нагарообразование на деталях двигателя, неправильная регулировка системы питания, неполнота сгорания топлива, использование масел низкого качества и неправильного сорта и т.д.

На легковых автомобилях установка багажников на крыше, спойлеров под передний бампер и других деталей без видимой нужды приводит к увеличению сопротивления движению и, следовательно, к увеличению расхода топлива.

**Экономии масел в двигателе** можно достичь сокращением расхода «на угар», предотвращением порчи и загрязнения масел.

При заправке необходимо следить, чтобы вместе с маслом не попали грязь, вода и т.д. Для этого следует очищать пробки заливных отверстий от грязи, пользоваться чистыми заправочными средствами.

Расход масел при эксплуатации относительно мал и составляет для бензинового двигателя не более 3,5 %, для дизеля – до 6 %.

На новом обкатанном двигателе расход масла минимальный. По мере износа двигателя, и прежде всего гильз цилиндров, поршневых колец, поршневых канавок, подшипников и шеек коленчатого вала, расход масел увеличивается. По мере износа деталей цилиндро-поршневой группы масло всё интенсивнее попадает в камеру сгорания, где и сгорает. Характерными признаками большого износа является большой расход масла и сизый цвет отработавших газов.

К такому же результату может привести выход из строя направляющих и сальников клапанов, пригорание и залегание поршневых колец. Существенное влияние на расход масел оказывает чистота отверстий в поршне для отвода масла и состояние вентиляции картера. Если маслоотводящие отверстия в поршне забиты отложениями, масло хуже удаляется со стенок цилиндра и значительная часть его «угорает». Одновременно идёт более быстрое загрязнение масла в картере продуктами сгорания.

Срок службы масла сокращается при несвоевременной замене фильтрующего элемента, промывке центрифуги.

Повышение теплового режима двигателя приводит к увеличенному «угару» масла. При этом также идёт более интенсивное окисление масла и ухудшение его качества. Длительная работа двигателя на низких тепловых режимах приводит к ускоренному образованию низкотемпературных отложений, что также является причиной ухудшения качества масла.

Водитель должен выбирать оптимальный режим частоты вращения коленчатого вала, двигаясь по мере возможности, на повышенных передачах, так как при большой частоте коленчатого вала расход топлива увеличивается.

Существенное влияние на расход масла оказывает его уровень в поддоне картера: при уровне выше нормы помимо прямого перерасхода происходит ухудшение качества масла; при недостатке – трущиеся детали быстрее изнашиваются, а масло быстрее загрязняется.

**Расход трансмиссионных масел** невелик и составляет 0,8 % для автомобилей с одной ведущей осью, 1,1 % - с двумя ведущими осями и 1,4 % с тремя ведущими осями. Уровень масла в коробке передач, ведущем мосту и других агрегатах силовой передачи не должен превышать установленные пределы, так как иначе масло сильно разбрызгивается и проникает через неплотности и сальники. Низкий уровень масла приводит к повышенному износу деталей.

**Экономия пластичных смазок** достигается за счёт правильной смазки узлов и надлежащем хранении смазки в таре.

Смазку узлов трения необходимо проводить сразу после остановки пока они не остывли. Вязкость пластичной смазки при понижении температуры увеличивается, поэтому невозможно удалить полностью отработавшую смазку и заменить её свежей. При этом значительное количество смазки не проникает в каналы, остаётся в маслёнках, загрязняет узлы и теряется. При заправке тёплых узлов этих потерь практически нет.

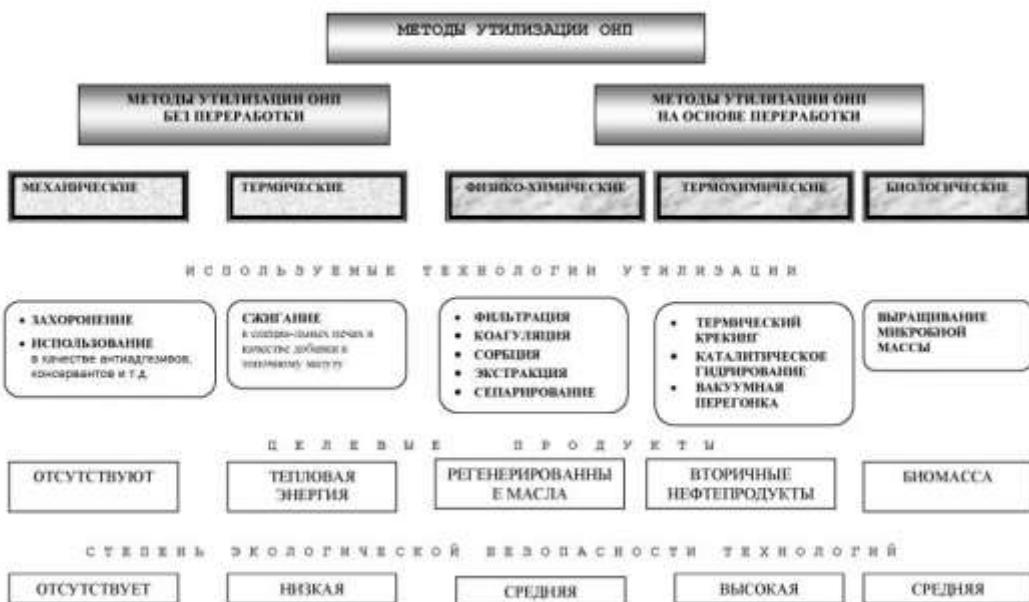
Необходимо строго придерживаться указаний по периодичности замены смазки. Расход смазок составляет примерно 0,1...0,2 кг смазки на 100 л израсходованного топлива.

Для уменьшения потерь смазок их необходимо хранить в закрытой таре для устранения обводнения и загрязнения.

**Экономия тормозных жидкостей.** Основной источник экономии - аккуратная заправка и минимальные потери при прокачках и ремонтах тормозного привода.

### 3. Сбор и восстановление эксплуатационных свойств отработанных нефтепродуктов.

Технические масла применяют в промышленности и быту для смазки механизмов и в качестве рабочих жидкостей в различных гидросистемах, в электроэнергетике для изоляции и охлаждения электросилового оборудования. Обычно это нефтяные масла, содержащие противоокислительные, загущающие, антикоррозийные и др. присадки, улучшающие эксплуатационные свойства масел, а также растительные масла в качестве добавок. В процессе эксплуатации масла соприкасаются с металлами, подвергаются воздействию воздуха, температуры и других факторов, под влиянием которых с течением времени происходит изменение свойств масла: разложение, окисление, полимеризация и конденсация, обугливание, разжижение горючим, обводнение и загрязнение посторонними веществами. Перечисленные факторы действуют в комплексе и взаимно усиливают друг друга, ухудшая качество масла в процессе его эксплуатации. Так, наличие воды способствует окислению масла, а также развитию в нем биозагрязнений, которые развиваются на границе масла - вода. Механические примеси, в состав которых в большинстве случаев наряду с сажей входят металлы в виде продуктов коррозии, являются катализаторами окисления масел, в процессе которого образуются кислоты и различные смолисто-асфальтеновые соединения. Общее содержание образующихся нежелательных примесей может составлять 5-30% в зависимости от срока и условий эксплуатации масел. Масла, содержащие загрязняющие примеси, не способны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть утилизированы и заменены свежими маслами. Для утилизации отработанных нефтепродуктов (ОНП) используют разные методы, рис. 1.



**Рисунок 1. Методы утилизации отработанных нефтепродуктов.**

### Термический крекинг

В процессе термического крекинга и дистилляции отработанные гидравлические жидкости, моторные и смазочные масла преобразуются в полноценное топливо, подобное дизельному, которое может использоваться для отопления зданий и сооружений.

### Регенерация

Продукты физико-химических превращений масла и примеси, попадающие извне, составляют незначительную часть в общем объеме отработанных технических масел и при помощи определенных методов могут быть удалены.

Отдельные этапы процесса регенерации отработанных масел могут исключаться, совмещаться или выполняться в иной последовательности в зависимости от конкретных физико-химических свойств регенерируемого масла и особенностей технологических операций, выбранных для восстановления качества этого масла. В настоящее время для регенерации отработанных масел используют физические, физико-химические и химические методы.

## 5. Влияние топлива, масел и специальных жидкостей на окружающую среду.

Охрана окружающей среды — это система государственных мероприятий, направленных на рациональное природопользование, сохранение и оздоровление окружающей среды в интересах ныне живущих и будущих поколений людей.

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объемов вредных выбросов.

В среднем при пробеге 15 тыс. км за год автомобиль сжигает 1,5—2 т топлива и 25—30 т кислорода.

По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов делятся на токсичные, канцерогенные и раздражающего действия.

К токсичным относятся окись углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, свинцовые соединения; к канцерогенным — бенз(а)пирен; к компонентам раздражающего действия — оксиды серы, углеводороды.

Окись углерода (СО) — газ без цвета и запаха, приводит к развитию кислородной недостаточности. При его воздействии нарушается центральная нервная система, поражается дыхательная система, снижается острота зрения. Превышение норм концентрации СО особенно опасно для людей людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями. При содержании в воздухе

0, 05 % СО через час у человека наблюдается слабое отравление, при содержании 1 % — человек теряет сознание после нескольких вдохов.

Оксиды азота —  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ . В результате их воздействия нарушается функция бронхов и легких, особенно у людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями. При концентрации в воздухе 0,001 % (по объему) оксидов азота у человека наблюдается раздражение слизистых оболочек носа и глаз; при

0, 002 % — начинается кислородное голодание; при 0,008 % — отек легких.

Сернистый ангидрит — бесцветный газ с резким запахом, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Углеводороды — группа соединений  $\text{C}_x\text{H}_y$ , в результате реакции с окислами азота образуют смог.

Бенз(а)пирен — полициклический ароматический углеводород, попадая в организм человека, накапливается и стимулирует образование злокачественных опухолей.

Сажа — твердый фильтрат отработавших газов, состоит из частиц углерода. Сама по себе сажа опасности не представляет, но является накопителем канцерогенных веществ.

Соединения свинца появляются в отработавших газах при использовании этилированного бензина, поражают центральную нервную систему и кроветворные органы.

Наибольший вред оказывают резервуары, заполненные на 60 % и менее, так как внутри них образуются взрывоопасные концентрации паров бензина с воздухом.

При заполнении резервуаров АЗС бензином в атмосферу выбрасываются пары бензина — так называемое «большое дыхание» резервуара. При суточных температурных колебаниях (ночь—день) также происходит выделение паров бензина — «малое дыхание». При «большом дыхании» резервуара объемом 20 м<sup>3</sup> в окружающую среду испаряется зимой примерно 11, а летом 23 л бензина. При ежесуточном одноразовом заполнении резервуара в течение месяца в окружающую среду зимой попадает 330 л бензина, летом — 690 л. Таким образом, среднегодовые потери бензина одного резервуара составят 6 т.

Количественными показателями допустимого воздействия вредных веществ на окружающую среду являются такие показатели, как предельно допустимые концентрации (ПДК), предельно допустимые дозы (ПДД) и предельно допустимые уровни (ПДУ). Поскольку влияние вещества зависит от времени воздействия, используются различные ПДК, например максимально разовые ПДК (ПДК<sub>мр</sub>), когда действие вещества происходит в течение 20 мин, среднесуточные ПДК (ПДК<sup>^</sup>), ПДК рабочей зоны (ПДК<sub>РЗ</sub>) и др. Величины ПДК утверждаются Минздравом и их учет обязателен в производственной деятельности.

На основании величин ПДК рассчитывают предельно допустимые количества загрязняющих веществ, выделяемых конкретными источниками в окружающую среду. Для атмосферы — это предельно допустимые выбросы (ПДВ), для водоемов — предельно допустимые стоки (ПДС). Нормы ПДВ и ПДС ограничивают выбросы до такого уровня, чтобы на данной территории с учетом всех источников выбросов какого-либо загрязняющего вещества их значения не превышали бы допустимые.

ПДВ и ПДС являются экологическими нормативами для каждого источника выбросов. Превышение их значений является основанием для применения к предприятиям экономических и административных санкций (штрафов, закрытия предприятий).

В России также был принят ряд законов, направленных на усиление охраны окружающей среды и ужесточение контроля по их исполнению.

В 1992 г. Россия присоединилась к международному Соглашению по экологическим требованиям Правил ЕЭК ООН, что создало правовую основу для контроля по их выполнению со стороны государства.

Закон Российской Федерации об охране окружающей среды принят и введен в действие в декабре 1991 г. Закон состоит из 15 разделов и 94 статей.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### Лабораторная работа №1

#### 2.1 Лабораторная работа №1 ( 2 часа).

**Тема:** «Технология производства топлива и смазочных материалов»

**2.1.1 Цель работы:** Изучить способы производства топлива и смазочных материалов

**2.1.2 Задачи работы:** Ознакомиться с технологией прямой перегонки нефти, очистки топливных и масляных дистиллятов

#### 2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Образцы нефтепродуктов

#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

##### 1. Способы получения жидкого топлива

При производстве жидкого топлива различного назначения нефть разделяют на фракции. **Фракция** – группа углеводородов, выкипающих в определенном интервале температур. Различают первичные и вторичные методы переработки нефти.

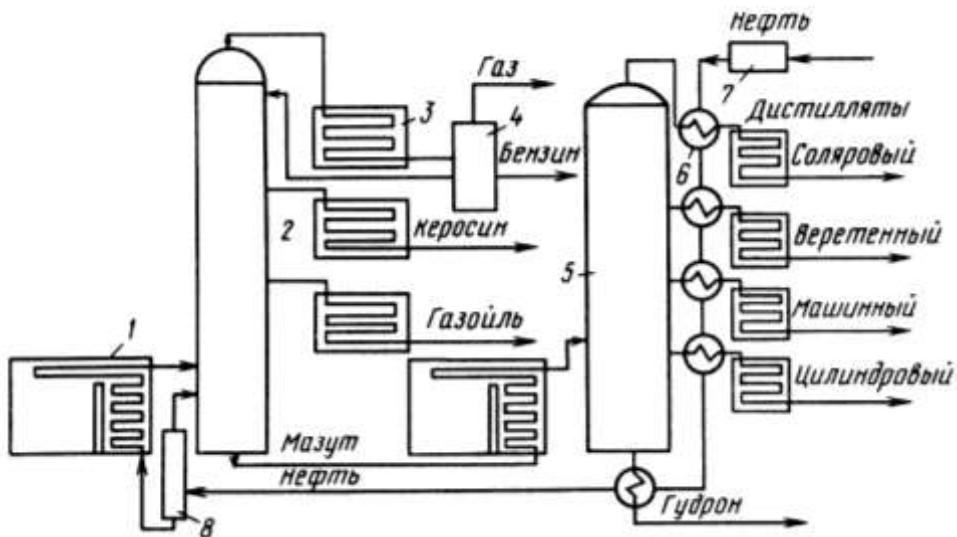
Первичным процессом переработки нефти является прямая перегонка - самый простой способ получения топлив из нефти. Это физическое разделение содержащихся в нефти углеводородных фракций с различной температурой кипения осуществляется на нефтеперегонных установках (рис. 1). Нефть перекачивается через ряд теплообменников, где подогревается до 160...180°C, очищается от воды и грязи и поступает в испаритель. Здесь из нее испаряются самые легкие углеводороды (бензины). После отделения легких углеводородов нефть из испарителя через трубчатую печь, где она нагревается до 330...350 °C, направляется в ректификационную колонну высотой 15...30 м.

Смесь нефтяных паров и неиспарившейся части, поднимаясь вверх, охлаждается и постепенно конденсируется на металлических тарелках, образуя дистиллят. **Дистиллятом называют фракцию, отогнанную в определенных температурных интервалах, которая при охлаждении превращается в жидкость.** На каждой тарелке конденсируются углеводороды, отогнанные только в определенных температурных интервалах. В нижней части колонны собирается мазут, с тарелок средней части отбираются топливные дистилляты, содержащие бензиновые, керосино-лигроиновые и газойлевые фракции.

Для поддержания требуемого перепада температуры верхнюю часть колонны охлаждают бензином из испарителя, а тарелки подогревают водяным паром.

Основные фракции, получаемые при прямой перегонке нефти, выкипают в следующих интервалах температур, °C: бензин – 40...200, лигроин – 120...240, керосин – 150...315, газойль – 230...360, соляр – 300...400. Остаток после отгонки из нефти этих топлив, называемый мазутом, направляется во вторую печь и используется в качестве сырья для получения масляных дистиллятов по аналогичной схеме.

Число фракций и интервалы их кипения могут изменяться в зависимости от принятой схемы нефтепереработки (топливная, масляная, нефтехимическая) с учетом выработки заданного ассортимента товарных нефтепродуктов.



### Рис. 1. Схема нефтеперегонной установки.

1 - трубчатая печь; 2 и 5 - ректификационные колонны; 3 - холодильники; 4 - конденсатор-газоотделитель; 6 - теплообменник; 7 - насос; 8 - испарительная колонка.

Получаемые в результате прямой перегонки дистилляты являются, как правило, только сырьем для получения товарных нефтепродуктов, которое затем подвергают специальной очистке и смешению в соответствующих пропорциях. При прямой перегонке нефти получается примерно 10...12 % бензина, 15...20 % керосина, 15...20 % дизельного топлива и около 50 % мазута. Прямогонные нефтепродукты обладают высокой химической стабильностью, но имеют недостаточно высокий выход светлых нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива).

Тяжелый остаток отгона — мазут, на долю которого приходится 50 % сырья, используют как котельно-печное топливо или для производства смазочных масел. Однако мазут можно использовать в качестве сырья для получения светлых топлив. Для этого служат вторичные процессы переработки нефти.

К вторичным методам переработки нефти относят процессы химической переработки тяжелых углеводородов нефти в легкие, т. е. получение углеводородных фракций, которые в нефти содержались в малых количествах. При этом из мазута можно получить и бензин и дизельное топливо.

Расщепление молекул тяжелых углеводородов на более легкие происходит за счет термического или катализитического воздействия (рис. 2). Этот процесс получил название **кrekинг-процесса**. Слово "кrekинг" означает расщепление, раздробление. Если процесс осуществляется только под воздействием тепла и высокого давления, то его называют *термическим* кrekингом. Если процесс осуществляется, помимо того, и в присутствии катализаторов, ускоряющих реакцию, то его называют *катализитическим*. Катализаторы – это вещества, которые ускоряют или замедляют процесс, изменяют его направление, но не участвуют в химических превращениях.

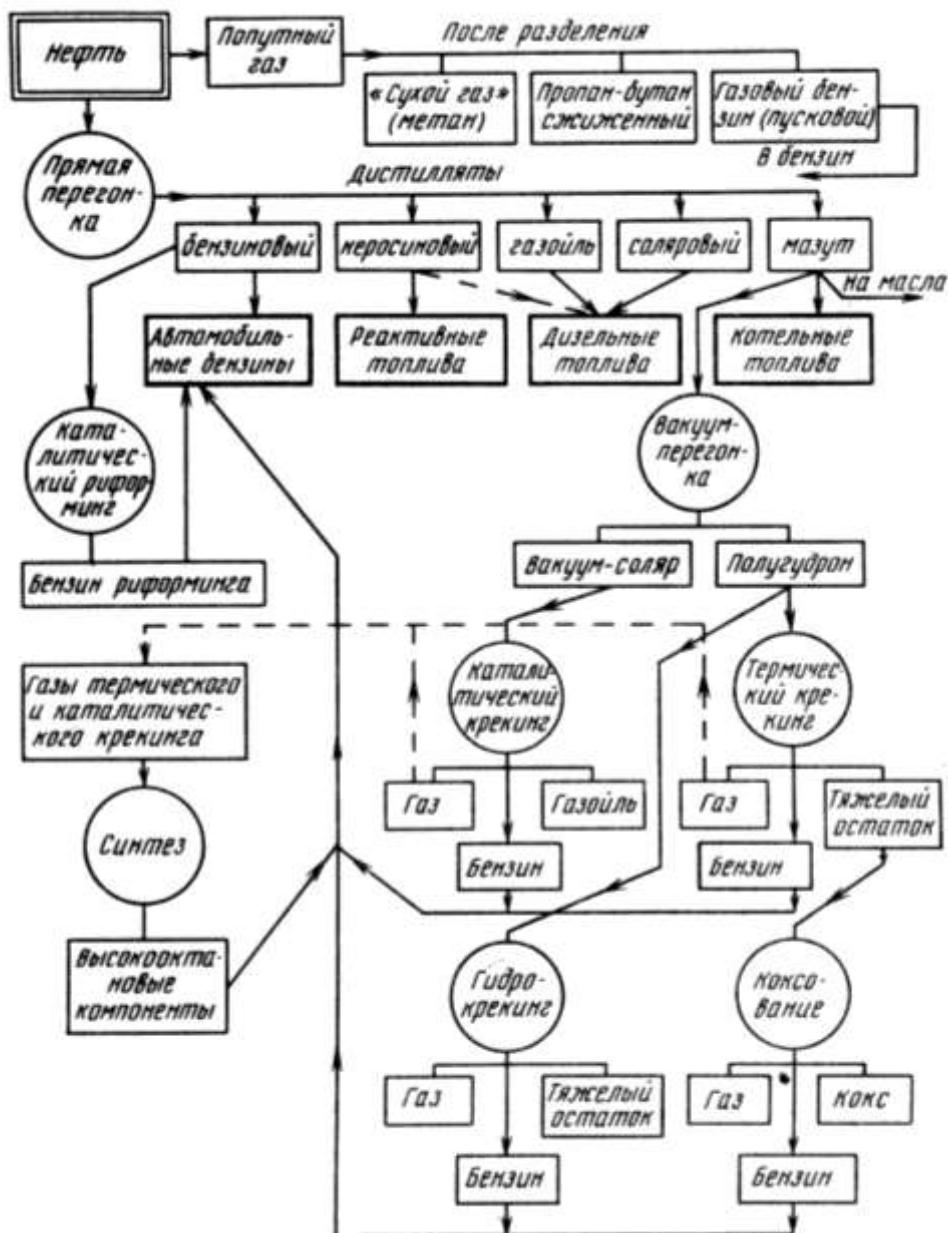


Рис. 2. Принципиальная схема получения нефтяного топлива.

Термический крекинг проводится при температуре 490...550 °С и давлении 4,9...6,9 МПа без доступа воздуха. Он увеличивает выход бензинов, но не улучшает их качества. Бензины термического крекинга получаются малостабильными, легко окисляются при хранении и обладают невысокой детонационной стойкостью.

Каталитический крекинг проводится при температуре 450...590 °С и давлении 0,1...0,2 МПа в присутствии катализаторов. Каталитический крекинг не только увеличивает количество бензина, но и значительно улучшает его качество. Бензины обладают высокой детонационной стойкостью и химической стабильностью.

Для улучшения качества через крекинг-установку пропускают и топливо прямой перегонки. Этот процесс называют *риформингом*. Он ведется при температуре 460...520 °С и давлении 0,98...0,47 МПа, выход бензинов составляет 70...95 %. Бензины каталитического риформинга также обладают высокой детонационной стойкостью и химической стабильностью.

В связи с изменением параметров современных двигателей значительно повысились требования к качеству топлива для них, поэтому постоянно совершенствуются и из-

меняются способы их получения. Для получения разных сортов топлива высокого качества и его компонентов широкое распространение получают и другие вторичные процессы, ведущие к изменению структуры углеводородов, как, например: платформинг, гидроформинг, алкилирование, ароматизация, изомеризация и другие.

Топливные дистилляты, полученные прямой перегонкой нефти, нельзя использовать непосредственно как товарное топливо, так как при перегонке нефти из нее не удаляются смолисто-асфальтовые вещества, сернистые соединения, органические кислоты и другие нежелательные примеси, ухудшающие качество топлива. Смолисто-асфальтовые вещества увеличивают нагароотложение на деталях; сернистые соединения и кислоты влияют на коррозию и износ деталей; непредельные углеводороды снижают стабильность топлив. Поэтому для получения топлива с необходимыми эксплуатационными свойствами дистилляты очищают от нежелательных компонентов, используя как химические, так и физические методы очистки.

*Химическая очистка* – очистка нефтепродуктов серной кислотой, щелочью, солями и поглотительными растворами, которые вступают в химические реакции с вредными соединениями. Образовавшиеся при обработке продукты реакции удаляют из дистиллятов промывкой водой и водными растворами щелочи с последующим отстаиванием.

*Физическая очистка* – это очистка нефтепродуктов специальными адсорбентами (поглотителями) и растворителями, которые адсорбируют вредные соединения или растворяют их. Очистка адсорбентами, в качестве которых используют твердые вещества с тонкой пористой структурой (активированный уголь, силикагель, различные глины), основана на избирательном поглощении определенных соединений, находящихся в очищаемом продукте. Смолистые, сернистые и азотистые вещества собираются на пористой поверхности адсорбента и их удаляют вместе с ним. Адсорбционная очистка ведется путем фильтрования паров топлива через определенный слой адсорбента, расход которого составляет 1...2 % от массы топлива.

Удаление из нефтепродуктов серы и сернистых соединений наиболее эффективно в присутствии катализаторов, которые способствуют образованию сероводорода, легко удаляемого из дистиллята. На этом принципе основан наиболее прогрессивный способ очистки – гидроочистка (гидрогенационная очистка, или очистка водородом). При высоких давлениях и температуре водород, смешанный с парами дистиллята, соединяется с содержащейся в них серой, образуя сероводород, который затем удаляют щелочью. Попутно очищаемый дистиллят освобождается и от других кислородных и азотистых соединений. Гидроочистку наиболее широко применяют при производстве дизельных топлив. Она позволяет значительно увеличить выпуск малосернистого дизельного топлива, которое необходимо для работы высокофорсированных дизелей.

Топливные дистилляты, получаемые вторичными методами переработки нефти, содержат большое количество малоустойчивых непредельных углеводородов. Химическую стабильность этих топлив повышают добавлением к ним специальных присадок – антиокислителей.

Перечисленные методы очистки применяют в различных комбинациях в зависимости от способа получения нефтепродуктов, их назначения, наличия нежелательных примесей и требований к глубине очистки.

Топливо необходимого качества и назначения готовят путем смешивания нескольких составных частей и дистиллятов с добавлением в смесь различных присадок и добавок, учитывающих качество. Преобладающий по качеству дистиллят называют базовым, или основным, соотношение которого должно быть таким, чтобы топливо отвечало техническим условиям или стандартам.

## **Способы получения жидких масел**

Смазочные масла состоят из основы (базового масла) и присадок, на долю которых

приходится 3...10 % (в отдельных случаях до 20 %). Исходным сырьем для получения смазочных масел является мазут – остаток от прямой перегонки нефти, который подвергают дальнейшей обработке (рис. 3). Масла получают перегонкой мазута на установках с трубчатой печью и ректификационной колонной. Однако в отличие от прямой перегонки нефти, которую ведут при атмосферном давлении, мазут разделяют на масляные фракции под вакуумом. В вакуумной ректификационной колонне мазут разделяется на фракции с различным уровнем вязкости (масляные дистилляты). Перегонка под вакуумом предупреждает разложение мазута, облегчает отгон масляных фракций и позволяет снизить температуру нагрева до 420...430 °C.

При полном отгоне из мазута масляных фракций остается гудрон, используемый для дорожных и строительных покрытий. Если отгоняют только маловязкие фракции, то остается полугудрон – смесь вязких углеводородов с асфальто-смолистыми веществами. Масляные дистилляты и полугудрон являются основными компонентами, из которых получают смазочные масла.

Смазочные масла, полученные непосредственно из дистиллятов, называют дистиллятными маслами. Смазочные масла, полученные из полугудрона, называют остаточными. Для получения базового масла с необходимым уровнем вязкости в некоторых случаях дистиллятные и остаточные масла смешивают в определенных пропорциях. Эти масла называют смешанными. При этом следует иметь в виду, что масляный дистиллят и дистиллятное масло — это названия двух разных продуктов. Масляный дистиллят – это неочищенное масло, полупродукт, а дистиллятное масло – очищенное масло, готовое к применению.

Масляные дистилляты и полугудрон, кроме углеводородов, содержат различные вредные вещества: асфальто-смолистые вещества, кислоты, сернистые соединения и другие нежелательные примеси, ухудшающие качество масла. Товарные масла получают только после удаления всех этих примесей.

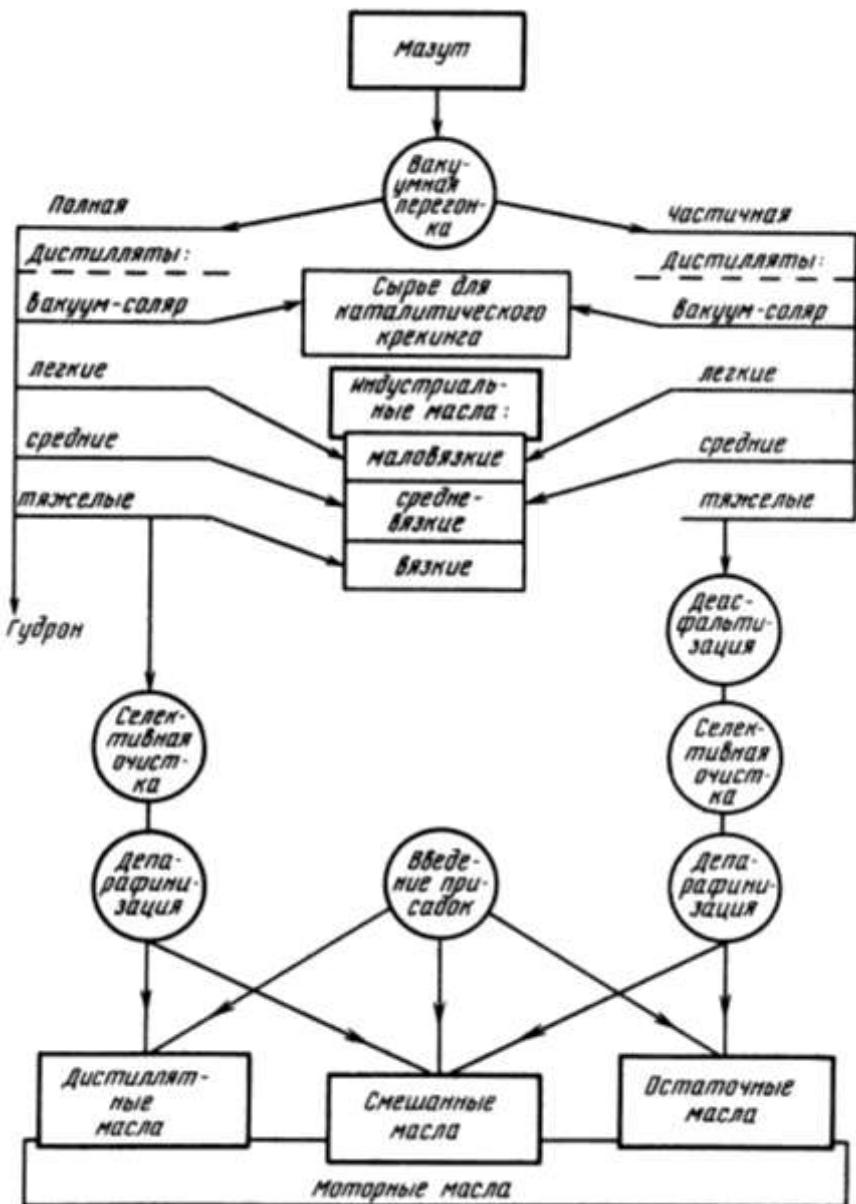


Рис. 3. Принципиальная схема получения жидкого нефтяного масла.

Существуют различные способы очистки масла: селективная, кислотно-контактная, деасфальтизация, депарафинизация и другие.

**Селективная очистка** – наиболее совершенный и распространенный способ очистки. Суть ее в следующем. Продукты перегонки мазута обрабатывают селективными (избирательными) растворителями, растворяющими вещества, наличие которых нежелательно. После отстоя в резервуаре образуются два слоя: внизу собирается растворитель с нежелательными примесями масла (экстракт), а вверху – очищенное масло (рафинат). Растворители подбирают в зависимости от того, какие вещества необходимо удалить из масла.

**Кислотно-контактная очистка** – обработка масляных дистиллятов серной кислотой для извлечения из них смолистых веществ с последующей промывкой раствором щелочи с целью удаления остатков серной кислоты.

**Деасфальтизация** – процесс удаления асфальто-смолистых веществ посредством специальных растворителей, способствующих выпадению в осадок этих веществ.

**Депарафинизация** – процесс удаления из масляных дистиллятов парафинистых уг-

леводородов, которые ухудшают низкотемпературные свойства масел. Масло обрабатывают растворителем с низкой температурой застывания (ацетон, жидкий пропан, дихлорэтан и др.). Раствор охлаждают, при этом парафинистые углеводороды застывают и их удаляют центрифугированием или фильтрацией.

Способ очистки масла выбирают в зависимости от качества исходного сырья и требований к качеству вырабатываемого масла. Так, остаточные масла, особенно из сернистых нефтей, подвергают почти всем перечисленным способам очистки.

Однако, применяя только известные способы получения и очистки синтетических масел, не всегда удается получить товарные масла, удовлетворяющие всем требованиям современных двигателей и машин. Один из наиболее эффективных путей повышения качества синтетических масел – добавление к ним различных присадок, основные из которых можно подразделить на следующие группы:

*вязкостные присадки* (полиизобутилены и полиметакрилаты), улучшающие вязкотемпературные свойства масел и повышающие их вязкость;

*депрессорные присадки*, снижающие температуру застывания масел;

*моющие присадки*, снижающие образование лаков, нагаров и осадков на деталях двигателя и предотвращающие пригорание и закоксовывание поршневых колец;

*антиокислительные и антикоррозионные присадки*, повышающие стабильность и снижающие коррозионную агрессивность масел;

*противоизносные и противозадирные присадки*, улучшающие синтетические свойства и предохраняющие трущиеся детали от износов и задиров;

*антитеневые присадки* для уменьшения вспенивания масла во время циркуляции его в системе смазки.

Наряду с присадками указанных групп имеется ряд присадок, действующих сразу на несколько эксплуатационных свойств базовых масел. Эти присадки получили название многофункциональных.

Широкий ассортимент присадок обусловлен различными свойствами базовых масел, климатическими условиями эксплуатации, топливами и конструктивными параметрами двигателей.

Большинство присадок и их композиций содержат кислород, серу, фосфор, азот, хлор, кальций, барий, цинк, магний, стронций и такие функциональные группы, как карбоксильная, гидроксильная, сульфогруппа, дитиофосфатная и некоторые другие. Каждая присадка содержит в основном от одного до четырех элементов или функциональных групп.

Фосфор-, серо- кислород- и азотсодержащие соединения взаимодействуют с металлической поверхностью деталей и образуют защитные пленки, за счет чего обеспечиваются противокоррозионные, противоизносные и противозадирные свойства масел.

Наличие в составе присадок металлов, главным образом бария, кальция, цинка и магния, которые входят в состав органических кислот этих металлов, обладающих высокой щелочностью, нейтрализует образующиеся в процессе работы двигателя продукты окисления масел и способствует диспергированию различных типов отложений в масле.

## **Контрольные вопросы**

1. Наличие каких углеводородов в бензине придают бензину высокую детонационную стойкость?
2. Какие углеводороды имеют самую низкую температуру воспламенения и повышают цетановое число дизельных топлив?
3. От наличия каких углеводородов в нефтепродуктах зависят их низкотемпературные свойства?
4. Какие соединения, находящиеся в нефти, влияют на образование отложений в двигателе?

5. Какие соединения влияют на коррозионную агрессивность нефтепродуктов?
6. Какие дистилляты, получаемые при переработке нефти (в каком интервале температур) относят к бензиновым, дизельным, керосиновым?
7. Какие способы переработки нефти применяют для получения топлив?
8. От каких соединений очищают топливные дистилляты?
9. Какие присадки добавляют в топливные дистилляты при получении топлив?
10. Как получают моторные масла?

## **2.2 Лабораторная работа №2,3 ( 4\_\_ часа).**

**Тема: «Определение показателей качества автомобильных бензинов»**

### **2.2.1 Цель работы:**

- 1) Закрепление знаний по качеству основных марок бензинов;
- 2) Знакомство с нормативно-технической документацией, регламентирующей показатели качества бензинов

**2.2.2 Задачи работы:** Приобретение навыков по контролю и оценке качества бензинов

### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. лабораторный к-т №2 МБ экспресс-анализа топлива;
2. аппарат для определения фракционного состава топлива АРНП-2;

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

#### **1. Характеристика образца по внешним признакам:**

Вода в бензине может находиться как в растворенном, так и в свободном состоянии (механические взвеси, эмульсии). В растворенном состоянии воды немного - ее количество не превышает тысячных долей процента. Гигроскопичность бензина зависит от фракционного (тяжелые углеводороды поглощают несколько больше воды) и химического состава, влажности окружающего воздуха (при повышенной влажности гигроскопичность увеличивается) и температуры. Более гигроскопичны ароматические углеводороды (бензол и его производные), меньше поглощают влагу парафиновые соединения. Нафтеновые и непредельные углеводороды занимают промежуточное положение.

Количество воды, находящейся в свободном состоянии, зависит от условий транспортирования, хранения и может быть значительным. Стандартами наличие воды не допускается, т.к. она вызывает сильную коррозию топливоподающей аппаратуры.

По стандарту в бензине наличие механических примесей не допускается. Однако при транспортировании, хранении, приемоотпускных операциях топливо обычно загрязняется пылью из окружающего воздуха. Определенное количество примесей почти всегда содержится даже в чистом по внешнему виду топливе. Вместе со смолистыми и нагарообразующими веществами примеси увеличивают интенсивность накопления высокотемпературных отложений. Кроме того, проникающие в двигатель абразивные частицы повышают скорость изнашивания.

Если в топливе содержатся абразивные механические примеси, то резко увеличивается расход бензина, а срок службы топливоподающей аппаратуры в зависимости от загрязненности сокращается в 2...3 раза. Механические примеси проникают в зазоры между поршневыми кольцами и гильзой цилиндра, вызывая их повышенный износ. Зависимость износа цилиндров двигателя автомобиля ЗИЛ-130 от содержания механических примесей в бензине, на котором он работает, показана на рисунке 2.1. Увеличение темпа изнашивания ведет к падению мощности, ухудшению экономичности, преждевременному выходу двигателя из строя.

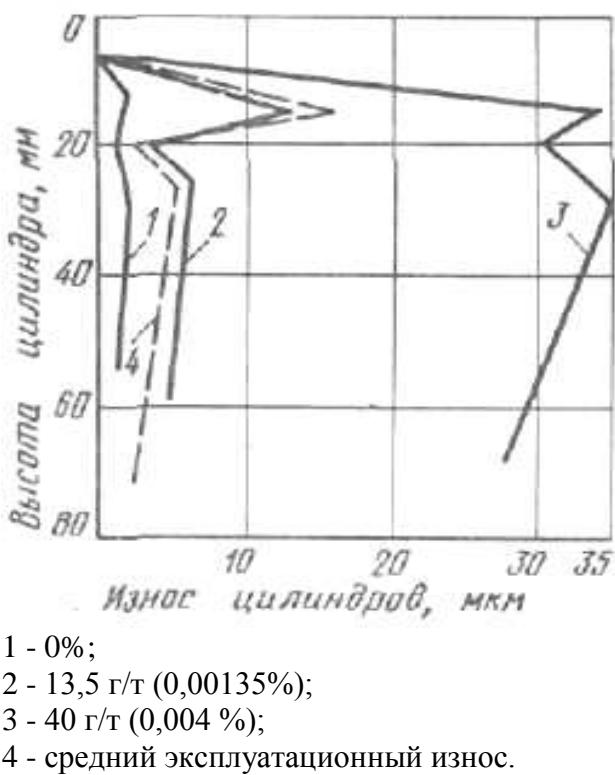


Рисунок 2.1 Износ цилиндров двигателя ЗИЛ-130 (7 тыс. км пробега) при работе на бензине с различным содержанием механических примесей

ным глазом.

## 2. Наличие тяжёлых углеводородов в бензине:

Содержащиеся в бензине тяжелые молекулы углеводородов, входящие в состав смол, не могут испариться, они накапливаются на горячих стенках трубопроводов, забивают жиклеры. Значительное накопление смолистых веществ приводит к уменьшению проходных сечений различных участков топливоподающей аппаратуры, всасывающего коллектора. Все это снижает мощность и ухудшает экономичность двигателя.

Тяжелые углеводороды (от 90 % до конца кипения) в топливе нежелательны, т.к. испаряются не полностью. Оставаясь в капельно-жидком состоянии, через зазоры между цилиндром и поршневыми кольцами они проникают в картер двигателя, смывают смазочную пленку, увеличивают износ деталей, разжижают масло, увеличивают расход топлива. Чем меньше интервал температуры от 90 % до конца кипения, тем выше качество топлива, меньше его склонность к конденсации, лучше экономичность и ниже темп изнашивания деталей двигателя. Температура выкипания 90 % топлива характеризует его склонность к конденсации, которую часто называют точкой росы.

*Методика экспрессного определения наличия тяжёлых углеводородов в бензинах.*

Сущность метода заключается в испарении испытуемой пробы с последующей визуальной оценкой результата.

*Оборудование:*

- 1) Бумага ГОСТ 597-78.
- 2) Пипетка с/дел. 2-1-2-2.

Бензины не должны содержать механических примесей и воды. Определение их отсутствия или наличия проводится по внешним признакам. Для оценки по внешним признакам достаточно осмотреть образец бензина в стеклянном цилиндре. При этом невооруженным глазом не должно быть обнаружено твердых частиц, как во взвешенном состоянии, так и в осадке.

В небольших количествах (сотые доли процента) вода способна растворяться в бензине, и он при этом не теряет прозрачности. Избыточное же количество воды в бензине при перемешивании вызовет помутнение бензина, а при отстаивании вследствие большего удельного веса приведет к скоплению ее на дне емкости отдельным слоем. Поэтому при оценке бензина на наличие воды достаточно осмотреть его в стеклянном цилиндре и зафиксировать наличие или отсутствие мути либо отдельного слоя воды на дне.

Анализируемый бензин наливают в стеклянный цилиндр диаметром 40...55 мм и осматривают пробу невооруженным глазом.

3) Секундомер или часы.

*Порядок выполнения работы*

- 1.1 В пипетку набирают небольшое количество предварительно перемешанного анализируемого бензина.
- 1.2 Наносят 1 каплю бензина на бумагу.

2 Проведение испытания.

- 2.1 Бумагу высушивают на воздухе в течение 5 мин.
- 2.2 Остаток высушенной капли рассматривают в лучах проходящего света.

3 Обработка результатов.

- 3.1 Бензин считается не содержащим тяжелых углеводородов, если на бумаге визуально не остается масляного пятна.
- 3.2 Оставшееся после испарения бензина масляное пятно означает наличие в нем тяжелых углеводородов.

**3. Определение плотности бензина:**

Различают абсолютную и относительную плотность вещества.

*Абсолютная плотность* – это масса, содержащаяся в единице объема. В системе СИ раз мерность плотности  $\text{кг}/\text{м}^3$ . За единицу плотности принимают массу  $1 \text{ м}^3$  дистиллированной воды при температуре  $4^\circ\text{C}$ .

*Относительная плотность* вещества – отношение его массы к массе дистиллированной воды при  $4^\circ\text{C}$ , взятой в том же объеме. Относительная плотность – величина безразмерная. Нефтепродукты и вода имеют неодинаковые коэффициенты расширения. В связи с этим необходимо при определении плотности указывать температуры нефтепродукта и воды, при которых проводилось определение. В России относительную плотность нефтепродуктов определяют при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Плотность бензина может быть замерена при любой температуре, однако результат приводят к температуре  $20^\circ\text{C}$ .

В соответствие со стандартом плотность нефтепродукта обозначается  $\rho_4^{20}$ . Здесь цифра 20 указывает, что плотность нефтепродукта относят к нормальной температуре  $20^\circ\text{C}$ , а цифра 4 обозначает, что плотность нефтепродукта относят к плотности воды при  $4^\circ\text{C}$ , принятой за единицу.

Относительная плотность автомобильных бензинов колеблется в пределах 0,69...0,75, дизельного топлива – 0,82...0,86, а абсолютная плотность этих видов топлива в системе СИ соответственно 690...750 и 820...860 кг/м<sup>3</sup>.

В стандартах на топливо плотность не нормируется, однако определять ее по ГОСТу обязательно.

Это необходимо для учета расхода и движения нефтепродуктов на нефтескладах и заправочных станциях, так как приход фиксируют в единицах массы (кг, т), а расход при заправке тракторов и автомобилей учитывается в единицах объема (л). Поэтому для пересчета топлива из единиц массы в единицы объема и обратно нужно знать плотность получаемых и отпускаемых нефтепродуктов.

Плотность нефтепродуктов определяется с помощью ареометров (нефтеденсиметров) рисунок 2.2, гидростатических весов Вестфала и пикнометров. Ареометром и гидростатическими весами определяют плотность нефтепродуктов, вязкость которых не превышает 200 мм<sup>2</sup>/с при 50 °С. Пикнометром определяют плотность всех нефтепродуктов. Наиболее простым и удобным является определение плотности нефтепродуктов ареометром.

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

#### Оборудование:

- стеклянные мерные цилиндры на 250 мл;
- набор ареометров (нефтеденситометров).

#### Порядок выполнения работы.

1. Установить цилиндр на ровном месте и осторожно налить в него испытуемый нефтепродукт до уровня, отстоящего от верхнего обреза цилиндра на 5-6 см.

2. Выдержать нефтепродукт 2-3 минуты для того, чтобы он принял окружающую температуру.

3. Чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опустить в цилиндр с нефтепродуктом, держа его за верхний конец.

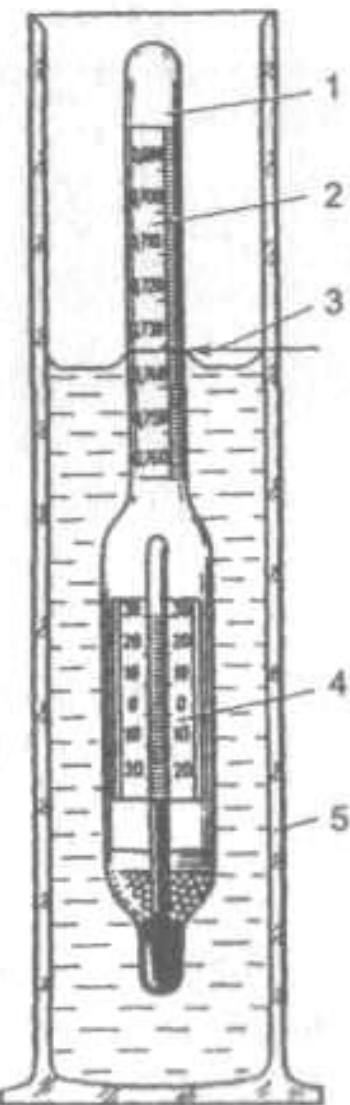
4. После того как ареометр установится и прекратятся его колебания, произвести отсчет по верхнему краю мениска с точностью до третьего знака. При этом глаз должен находиться на уровне, отмеченном на рисунке 2.2. линией 3. Спустя не менее 1 минуты после погружения ареометра записать температуру топлива, отсчитывая ее с точностью до градуса по термометру. На этой операции испытание заканчивается.

1 - ареометр; 2 - шкала плотности; 3 - линия отсчета плотности; 4 - шкала термометра; 5 - стеклянный цилиндр.

Рисунок 2.2 Прибор для определения плотности нефтепродукта

5. Ареометр вынуть из цилиндра, протереть, вложить в футляр, а нефтепродукт вылить в ту же склянку, из которой наполнялся цилиндр.

6. Результаты измерений необходимо привести к температуре 20 °С по формуле 2.1:



$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma(t - 20) \quad (2.1)$$

где  $\rho_4^t$  - плотность испытуемого нефтепродукта при температуре испытания;  
 $\gamma$  - средняя температурная поправка плотности, которая берется из таблицы 1 приложения;  
 $t$  - температура нефтепродукта при отсчете плотности,  $^{\circ}\text{C}$ .

Приведенную плотность следует округлить до третьего знака после запятой.

#### 4. Определение октанового числа:

Октановое число устанавливают на одноцилиндровых установках ИТ9-2М и УИТ-65 по моторному (ГОСТ 511-82) или на установках ИТ9-6 и УИТ-65 по исследовательскому (ГОСТ 8226-82) методам. Сущность определения сводится к сравнительному сжиганию испытуемого бензина, октановое число которого нужно найти, с искусственно приготовленным эталонным топливом, октановое число которого известно.

Условия испытания бензина при определении октанового числа исследовательским методом более мягкие (частота вращения коленчатого вала 600 об/мин), чем при моторном методе (частота вращения коленчатого вала 900 об/мин), а получаемое значение выше, чем по моторному методу. Эту разницу называют чувствительностью бензина. Она зависит от его химического состава. Чем меньше разница для бензина одной марки, тем лучше его эксплуатационные свойства.

Скорость распространения пламени при нормальном сгорании бензина в цилиндре двигателя составляет примерно 25...30 м/с. Иногда, при определенных условиях сгорание может перейти во взрывное – детонационное.

Детонационное сгорание бензина обусловлено образованием и распадом первичных продуктов окисления углеводородов – перекисных соединений, которые представляют собой очень непрочные, легко разлагающиеся вещества, обладающие большой избыточной энергией. Чем выше температура, тем быстрее скорость окисления углеводородов.

Как известно, при сжатии рабочей смеси в цилиндре двигателя она нагревается до температуры 330...340  $^{\circ}\text{C}$ . При этих условиях скорость окисления углеводородов повышается, особенно она возрастает после воспламенения рабочей смеси. В процессе ее сгорания температура и давление в несгоревшей части рабочей смеси значительно увеличиваются, что способствует образованию большого количества перекисных соединений.

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

Если двигатель работает на бензине, при окислении которого в последних порциях рабочей смеси образуется много перекисей, то их концентрация достигает критического значения и происходит взрывной распад. Сгорание рабочей смеси идет с большой скоростью и резким повышением давления, возникает ударная волна, перемещающаяся по камере сгорания со сверхзвуковой скоростью. Ударная волна стимулирует воспламенение соседних слоев рабочей смеси, скорость сгорания рабочей смеси становится равной скорости распространения ударной волны и составляет 1500...2000 м/с.

Показателем детонационной стойкости бензинов служит *октановое число*. Октановые числа определяют двумя методами: моторным и исследовательским. Оба метода заключаются в сравнении детонационной стойкости испытуемого и эталонного топлива. *Окта-*

новое число численно равно процентному содержанию (по объему) изооктана в эталонной смеси с гептаном, которая по интенсивности детонации в условиях стандартного одноцилиндрового двигателя эквивалентна испытуемому бензину.

#### *Методика определения октанового числа прибором СВП 1.00.000*

(с программой определения цетанового числа):

- открыть крышку транспортной тары прибора, вынуть датчик, отвинтить крышку и включить питание на электронном блоке. Анализатор готов к работе;
- мерным стаканом набрать 75-100 мл испытуемого бензина и медленно наполнить датчик, по верхнему обрезу;
- отбросить первый отсчет, который появится на индикаторе, после чего записать значение октанового числа по исследовательскому методу. Нажать кнопку и записать отсчет величины октанового числа по моторному методу (после чисел "4444", горит светодиод на передней панели прибора);
- для повторного измерения октанового числа по исследовательскому методу нажать кнопку. На индикаторе после "8888" появится значение октанового числа по исследовательскому методу;
- выключить питание прибора;
- вылить бензин в стакан (или другую посуду) перевернуть датчик и слить остатки бензина, промокнуть датчик ветошью;
- прибор готов к новым измерениям.

#### **5. Определение фракционного состава бензина разгонкой.:**

Испаряемость - это способность жидкого топлива переходить в парообразное состояние при данных условиях.

Испаряемость обуславливает эффективность смесеобразования и подачи топлива при пуске и эксплуатации двигателя в условиях низких и высоких температур или низкого давления. Пуск двигателя, время его прогрева и приемистость, расход топлива и износ цилиндроропоршневой группы в значительной степени зависят от испаряемости топлива. Процесс испарения не только предшествует воспламенению и горению, но в значительной мере определяет скорость этих процессов, а, следовательно, надежность и эффективность работы двигателя. Испаряемость топлива оценивают по совокупности двух главных показателей: теплоте испарения и фракционному составу.

Под фракционном составом топлива понимается содержание в нем различных фракций, выкипающих в определенных температурных пределах. Фракционный состав выражается в объемных % или массовых %. *Фракция топлива - это часть топлива, характеризуемая определенными температурными пределами выкипания.*

Фракции бензина условно подразделяют на *пусковую*, содержащую самые легкоиспаряющиеся углеводороды, входящие в первые 10 % отгона; *рабочую*, включающую последующие 80 % (от 10% до 90%) состава бензина, и *концевую*, в которую входят последние 10 % бензина. В соответствии с таким делением эксплуатационные свойства бензина оценивают по пяти характерным точкам кривой фракционного состава: температуре начала перегонки, температуре перегонки 10 %, 50 %, 90 % количества бензина и температуре конца перегонки.

*Температуры начала перегонки ( $t_{\text{пп}}$ ) и перегонки 10 % ( $t_{10\%}$ ) характеризуют пусковые качества бензина, т. е. способность обеспечивать запуск двигателя при низких температурах и склонность топлива к образованию паровоздушных пробок в топливной системе двигателя.*

Чем ниже температура окружающего воздуха при пуске двигателя, тем больше должен иметь бензин легких фракций и тем ниже должна быть их температура кипения. Это качество бензина характеризуется температурами начала его перегонки и перегонки 10 %.

Однако чрезмерно низкая температура перегонки 10 % приводит к образованию в прогретом двигателе «паровых пробок» в топливопроводах и каналах карбюратора. При этом горючая смесь значительно обедняется. Практически это приводит к тому, что двигатель теряет мощность, начинает «чихать» и из-за перебоев подачи топлива может остановиться.

*Температура перегонки 50 % бензина ( $t_{50\%}$ )* характеризует его способность обеспечивать быстрый прогрев и приемистость двигателей.

Прогрев двигателя длится от момента пуска до создания устойчивого режима работы. Чем легче фракционный состав и ниже температура перегонки 50% бензина, тем скорее прогревается двигатель. Бензин с низкой температурой перегонки 50% быстрее испаряется во впускном трубопроводе, процесс смесеобразования улучшается, мощность двигателя возрастает.

Приемистость – это свойство двигателя в прогретом состоянии под нагрузкой быстро переходить с малой частоты вращения к большей при резком открытии дроссельной заслонки. Для обеспечения хорошей приемистости двигателя нужно, чтобы цилиндры двигателя наполнялись богатой горючей смесью. Однако, при резком открытии дроссельной заслонки во впускной трубопровод поступает большая порция холодного воздуха и жидкого топлива, что сопровождается резким ухудшением условий парообразования из-за недостатка теплоты для полного испарения топлива. Если бензин обладает высокой температурой перегонки 50% топлива, то некоторая часть высококипящих углеводородов, составляющих рабочую фракцию, в системе питания не испаряется. В этом случае горючая смесь перебеднена, и двигатель не развивает более высокой частоты вращения коленчатого вала и даже может остановиться.

Следовательно, приемистость двигателя во многом зависит от температуры перегонки 50% бензина. С понижением этой температуры приемистость улучшается и время разгона автомобиля увеличивается.

*Температуры перегонки 90 % ( $t_{90\%}$ ) и конца перегонки ( $t_{nn}$ )* характеризуют наличие в бензине тяжелых фракций, которые испаряются в последнюю очередь, т.е. полноту испарения. С повышением этих температур увеличивается расход бензина, так как тяжелые фракции не успевают сгорать. Больше бензина проникает в картер, смывая масло со стенок цилиндра и разжижая масло в картере, что ведет к износу деталей и повышенному расходу масла.

Определение фракционного состава бензина перегонкой осуществляется в соответствии с ГОСТом 2177-99. Для этого применяется аппарат для разгонки нефтепродуктов.

#### *Оборудование:*

- аппарат для разгонки нефтепродуктов АРНП – 2;
- колба на 100 мл;
- мерный цилиндр на 100 мл;
- мерный цилиндр на 10 мл;
- образец топлива.

#### *Устройство прибора АРНП – 2.*

Внешний вид аппарата представлен на рисунке 2.3.

Конструктивно аппарат состоит из следующих основных узлов: стола 1, блока нагревателя 2, бани охлаждающей 3 и электронного устройства 4.

Стол предназначен для крепления всех узлов аппарата и представляет собой основание на регулируемых ножках, на нижней стороне которого смонтирован подъемный столик, управляемый рычагом (расположен справа), а на верхней стороне – тепловой экран, отделяющий блок нагревателя от бани охлаждающей. На тепловом экране имеется овальное отверстие (для выхода трубы холодильника) и расположенный под ним транспарант подсветки мерного цилиндра. В верхней части теплового экрана расположен разъем для подключения датчика температуры (4а). На задней стороне теплового экрана установлены:

зажимы для подключения блока нагревателя к блоку электронному и узел подсветки мерного цилиндра.

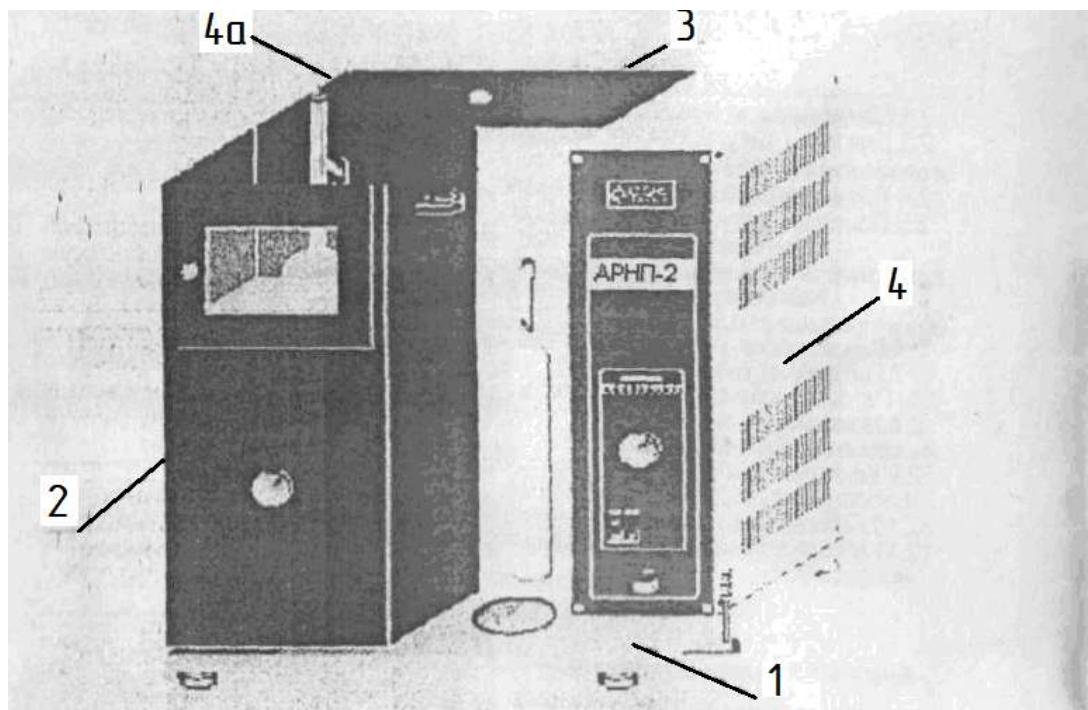


Рисунок 2.3. Внешний вид аппарата АРНП-2.

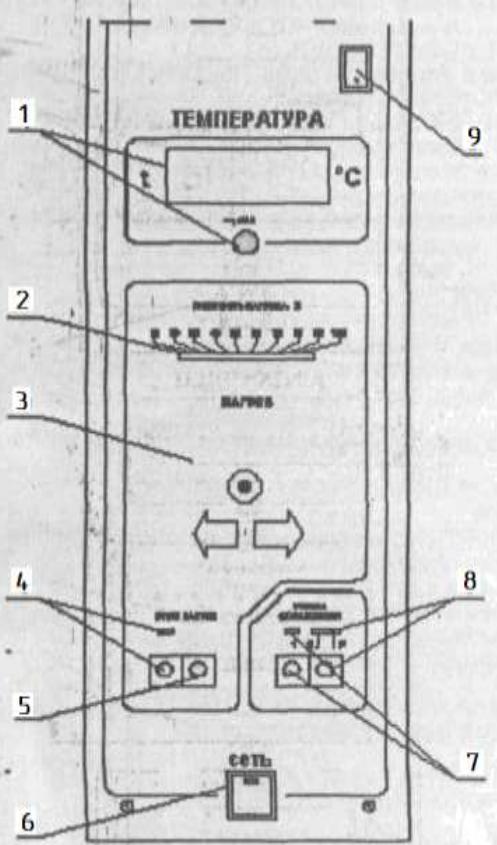
1- стол; 2- блок нагревателя; 3- бани охлаждающей; 4- электронного устройства; 4а - датчик температуры.

**Блок нагревателя** предназначен для нагрева исследуемого нефтепродукта и выполнен в виде открытого сверху и снизу металлического кожуха, на внутренних боковых стенках которого установлен механизм перемещения электронагревателя. В качестве электронагревателя используется мощная инфракрасная лампа, расположенная в фокусе специального зеркального отражателя. Для уменьшения нагрева отражателя используется принудительное охлаждение с помощью вентилятора. В нижней части лицевой стороны кожуха находится регулятор вертикального перемещения электронагревателя, а в верхней - застекленная дверца для удобства работы. На задней стенке кожуха предусмотрено овальное отверстие для трубы холодильника. На боковой стенке снаружи установлен штатив для датчика температуры.

**Баня охлаждающая** предназначена для охлаждения паров исследуемого нефтепродукта и представляет собой теплоизолированную емкость из нержавеющей стали. Внутри бани расположены: трубка холодильника, нижний и верхний патрубки для проточной воды, электронагреватель и датчик температуры. Сверху баня закрыта теплоизолированной крышкой.

**Устройство электронное** предназначено для плавного регулирования мощности нагревателя исследуемого нефтепродукта и поддержания заданной температуры бани охлаждающей в различных режимах, а также для измерения температуры паров исследуемого нефтепродукта. Плавное регулирование мощности в пределах от 0 до 100% осуществляется вручную. Измерение температуры паров исследуемого нефтепродукта производится с помощью цифрового измерителя температуры. Датчиком температуры служит платиновый термометр сопротивления. Конструктивно устройство электронное выполнено в виде перфорированного кожуха, который одновременно является одним из элементов конструкции аппарата. На передней панели устройства расположены органы управления и ин-

дикации, а на тыльной - клемма защитного заземления, держатели предохранителей и разъем сетевого кабеля.



Органы управления и индикации расположенные, на передней панели аппарата и имеют следующее назначение:

- 1 - «температура» - индикация температуры:
- паров испытуемого нефтепродукта при отжатой кнопке «охл.»;
- бани охлаждающей при нажатой кнопке «охл.»;
- 2 - «мощность нагрева, %» - индикация мощности электронагревателя в % от максимальной мощности;
- 3 - «нагрев» - плавная регулировка мощности нагрева электронагревателя;
- 4 - «стоп» - кнопка сброса нагрева с индикацией сброса;
- 5 - «нагрев» - кнопка пуска нагрева;
- 6 - «сеть» - выключатель питающего напряжения;
- 7 - «режим охлаждения» - кнопка «1» со своим индикатором служит для отключения нагревателя бани охлаждающей;

8 - «режим охлаждения» - кнопка с двумя индикаторами «2» и «Р». Служит для включения нагревателя бани охлаждающей при разгонке нефтепродуктов с большим содержанием парафинов (дизельное топливо). При достижении температуры  $+50^0\text{C}\pm1^0\text{C}$  теплоносителя бани выдается звуковой сигнал.

9 - переключатель типа моделируемого термометра (ТИН4-1 или ТИН4-2).

#### Порядок выполнения работы.

1. В соответствии с ГОСТ 2177-99 подготовьте необходимое количество исследуемого нефтепродукта (100 мл) и перелейте его в сухую чистую колбу для перегонки.
2. Осторожно и плотно вставьте пробку с датчиком температуры в горловину колбы для перегонки с подготовленной пробой нефтепродукта, так чтобы нижний обрез пароотводной трубы колбы для перегонки совпадал с верхней кромкой кольцевой канавки корпуса датчика температуры.
3. Установите колбу для перегонки с датчиком через соответствующую прокладку по центру отверстия электронагревателя. Для этого введите конец пароотводной трубы колбы для перегонки в цанговый зажим трубы холодильника, и поворотом гайки 2 по часовой стрелке слегка зафиксируйте пароотводную трубку. Несоосность пароотводной трубы колбы для перегонки и трубы холодильника устранит регулировкой положения электронагревателя с помощью регулятора вертикального перемещения в блоке нагревателя, после чего окончательно зафиксируйте положение колбы цанговым зажимом. При правильной фиксации пароотводная трубка должна перемещаться относительно зажима с небольшим усилием.

При перегонке дизельного топлива на колбу для перегонки необходимо дополнительно одеть теловой экран.

4. Нажмите кнопку «Сеть» (поз.6 рис.3) и прогрейте аппарат в течение не менее 5 минут. При включении в сеть всегда загораются: светодиод «стоп» (поз. 4), светодиод «1» режима охлаждения «1» (поз. 7), транспарант подсветки мерного цилиндра и индикатор «температура  $t^0\text{C}$ » (поз. 1).

5. Нажмите кнопку «охл.» и проконтролируйте температуру бани охлаждающей. Она должна быть для нефтепродуктов в пределах 0 - +4°C. Если температура бани не соответствует требуемой, то добавьте калотый лед в баню,
6. Заполните водой стеклянный цилиндр охлаждающей бани для мерного цилиндра в таком объеме, чтобы при погружении в него мерного цилиндра отметка “100 см<sup>3</sup>” последнего была покрыта водой.
7. Установите цилиндр с водой на подъемный столик и поверните рычаг фиксации по часовой стрелке (от себя) в горизонтальное положение до упора. Столик при этом опустится на 40 ± 5 мм. Мерный цилиндр поставьте в цилиндр с водой, подведя его под нижний конец трубы холодильника. Поднимите столик, переведя рычаг фиксации в вертикальное положение. Скорректируйте положение мерного цилиндра так, чтобы нижний конец трубы холодильника не касался стенок.
8. Нажмите кнопку "Нагрев" (поз. 5), при этом гаснет светодиод "стоп" (поз. 4). Одновременно с включением нагрева включите секундомер. Переводя ручку тумблера регулятора мощности (поз. 3) из среднего положения вправо установите требуемую начальную мощность нагрева, контролируя ее значение в процентах от максимальной мощности по индикатору (поз. 2). Для уменьшения мощности нагрева ручку тумблера регулятора нагрева переводите влево. Каждое нажатие изменяет мощность нагрева на 2%.

**Рекомендация.** Требуемая начальная мощность нагрева для различных нефтепродуктов колеблется в широких пределах - для легких нефтепродуктов она меньше (порядка 10-30%), а для тяжелых - больше (30-50%).

9. Нагрев вести так, чтобы первая капля топлива упала с конца трубы холодильника не ранее 5 и не позже 10 минут от начала нагрева. В противном случае вести регулирование мощности нагрева. После падения первой капли конденсата подвиньте мерный цилиндр так, чтобы конденсат стекал по стенке, запишите температуру начала кипения, за которую принимается температура падения первой капли.
10. После падения первой капли топлива перегонку вести с равномерной скоростью 4-5 мл в минуту, что соответствует 20—25 каплям за 10 с.
11. Отметить температуру после отгона каждого 10 мл топлива. Для проверки скорости перегонки по отсчету капель цилиндр на короткое время отставляют от конца трубы холодильника с тем, чтобы капли топлива падали по центру цилиндра. По мере повышения температуры усиливать подогрев колбы, чтобы скорость перегонки была постоянной.
12. После отгона 90 мл топлива нагрев колбы усилить так, чтобы до конца перегонки прошло от 3 до 5 минут, при этом следить за температурой и при ее снижении на 5-10 °C от максимального значения нажать на кнопку «СТОП» и дать стечь конденсату в течение 5 мин.
13. Максимальную температуру, достигнутую при разгонке, отметить как температуру конца разгонки.
14. Горячий остаток из колбы слить в мерный цилиндр емкостью 10 мл, охладить его до комнатной температуры и определить оставшееся количество. Затем вычислить потери, которые составляют разность между 100 % бензина, залитого в колбу, и суммой процентов собранного конденсата и остатка.
15. Результаты разгонки занести в отчет.
16. Построить график фракционного состава топлива. Для этого по горизонтальной оси откладывают значения температур перегонки, а по вертикальной - соответствующие им значения объемов испарившегося топлива. На пересечении перпендикуляров, восстановленных из отложенных на оси значений, получатся точки кривой графика разгонки бензина или графика его фракционного состава.

## **6. Эксплуатационная оценка бензина по фракционному составу:**

Эксплуатационная оценка бензина по фракционному составу производится по номограммам рисунок 2.4.

На горизонтальной оси номограммы отложены температуры характерных точек разгонки бензина, а на вертикальной - температура наружного воздуха.

Для оценки пусковых свойств найти два значения температуры наружного воздуха, являющиеся нижними границами легкого и затрудненного пуска двигателя, для чего на горизонтальной оси отметить точку, соответствующую  $t_{10\%}$ . Из нее восстановить перпендикуляр до пересечения с наклонными

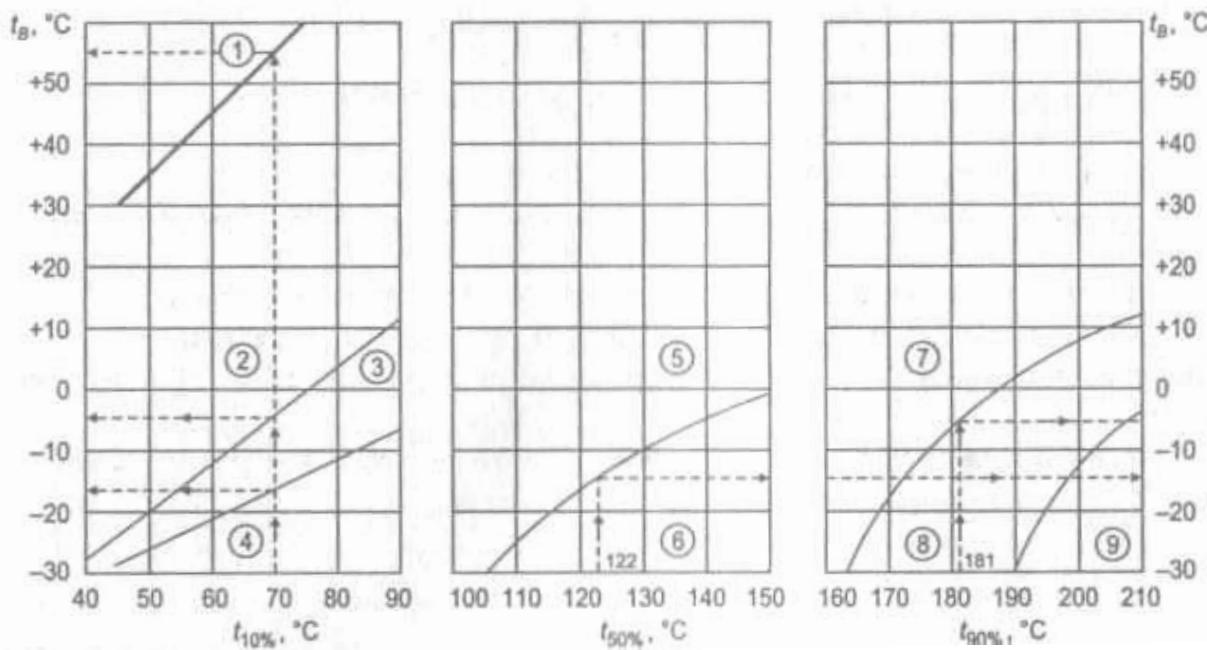


Рис. 2.4. Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки. Области: 1 - возможного образования паровых пробок; 2 - легкого пуска двигателя; 3 - затрудненного пуска двигателя; 4 - практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 - быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 - медленного прогрева и плохой приемистости; 7 - незначительного разжижения масла в картере; 8 - заметного разжижения масла в картере; 9 - интенсивного разжижения масла в картере.

сплошными линиями. Из точек пересечения провести горизонтальные линии на вертикальную ось номограммы, где прочитать ответ.

Подобным образом оценить бензин по остальным показателям и сделать заключение по соответствующей форме.

## 7. Определение концентрации фактических смол в бензине:

Интенсивность смоло- и нагарообразования зависит от качества используемого топлива и моторного масла. Чем тяжелее фракционный состав бензина, выше его плотность, выше содержание непредельных и ароматических углеводородов, тем выше склонность к смолообразованию. Основной показатель качества, характеризующий склонность бензина к образованию отложений в двигателях, - содержание в нем смолистых веществ

Смолы - это темно-коричневые жидкие или полужидкие вещества с плотностью около 1000 кг/м<sup>3</sup>, молекулярной массой 350-900, обладают сильной красящей способностью, легко растворимы во всех нефтепродуктах и органических растворителях (кроме ацетона и спирта). Смолистые и смолообразующие вещества всегда содержатся в бензине. Их количество зависит от технологии получения, способа очистки, длительности и условий хранения топлива.

Содержащиеся в бензине тяжелые молекулы углеводородов, входящие в состав смол, не могут испариться, они накапливаются на горячих стенках трубопроводов, забивают жиклеры. Значительное накопление смолистых веществ приводит к уменьшению проходных сечений различных участков топливоподающей аппаратуры, всасывающего коллектора. Все это снижает мощность и ухудшает экономичность двигателя.

В зоне высокой температуры (клапаны, днище поршня, камера сгорания, поршневые канавки) смолистые отложения постепенно уплотняются, частично выгорают, образуют хрупкие и твердые нагары, которые в основном состоят из углерода. При большом накоплении нагаров в двигателе повышается износ, ухудшается процесс сгорания, увеличивается расход топлива.

Стандартом нормируют количество фактических смол, т.е. соединений, которые находятся в бензине в момент определения. Определяется по ГОСТ 1567-83. Для бензина различных марок их содержание не должно превышать 7...15 мг/100 мл.

Если содержание фактических смол отвечает требованиям стандарта, то двигатели длительное время работают без повышенного смоло- и нагарообразования. Нередко же при эксплуатации техники содержание смол в топливе значительно выше.

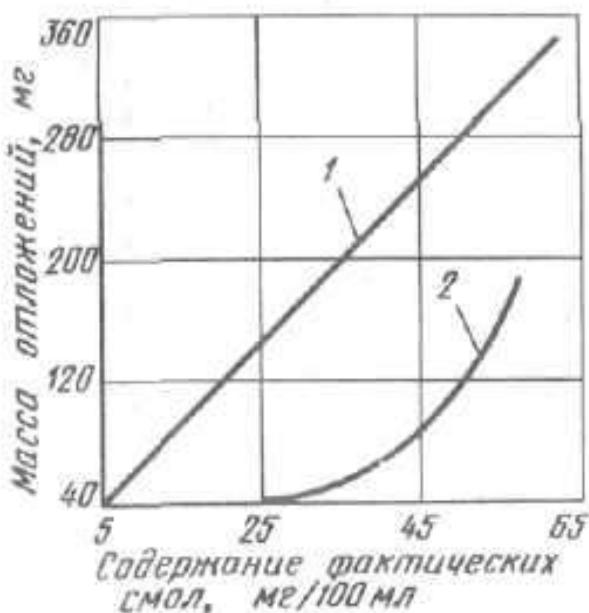


Рисунок 2.5 Влияние содержания смол на интенсивность накопления отложений:

- 1 - во впускном трубопроводе;
- 2 - во всасывающем клапане.

вании также участвуют выделяющиеся при неполном сгорании топлива тонкодисперсные углеродистые продукты (сажа), которые оседают на горячих деталях двигателя. В составе высокотемпературных отложений, накапливающихся на клапанах и в камере сгорания, содержатся также оксиды свинца, входящего в состав антидетонаторов

Кроме фактических смол, в бензине содержатся смолообразующие вещества. Это различные нестойкие соединения, например непредельные углеводороды, которые с течением времени, от повышенных температуры, количества кислорода в воздухе и от других факторов окисляются, полимеризуются, конденсируются и переходят в смолы. Смолообразующие соединения называют потенциальными смолами. Их количество зависит от химического состава сырья, способов его переработки и качества очистки. Недостаточной стабильностью обладают бензины, в состав которых входит большое количество продуктов крекинга с высоким содержанием непредельных углеводородов. Чем хуже условия транс-

На рисунке 2.5 показано влияние содержания фактических смол на интенсивность накопления отложений во впускном трубопроводе. Аналогична закономерность для всасывающего клапана. Если содержание фактических смол в 2...3 раза больше нормы, то моторесурс карбюраторного двигателя снижается на 20...25 %. Кроме этого, при эксплуатации возникают различные неполадки: зависают клапаны, закоксовываются кольца.

Процесс смолообразования зависит также от технического состояния и условий эксплуатации двигателей. Все примеси, которые попадают в двигатель с поступающим для сгорания воздухом, находятся в масле и топливе, а кроме того, продукты износа деталей могут участвовать в образовании отложений. На интенсивность загрязнения существенно влияют количество и чистота воздуха, поступающего для сгорания бензина. В смоло- и нагарообразо-

портирования и хранения бензина, тем больше образуется смол. При увеличении содержания смол и смолообразующих веществ ухудшается полнота сгорания бензина, снижается его детонационная стойкость. Накапливающиеся вместе со смолами кислоты повышают коррозийность топлива.

Стабильность бензина оценивают индукционным периодом, который характеризует способность бензина сохранять неизменным свой состав при правильных условиях транспортирования, хранения и применения. Определяют этот показатель (ГОСТ 4039-87) в лабораторной установке при искусственном окислении бензина (температура 100 С, в атмосфере чистого кислорода при давлении 0,7 МПа). При окислении давление кислорода, который тратится на образование смол и кислот, резко снижается. Индукционным периодом называют время в минутах от начала искусственного окисления бензина до активного поглощения им кислорода.

Характер протекания процесса окисления современных бензинов показан на рисунке 2.6. После того как время окисления превысит индукционный период,

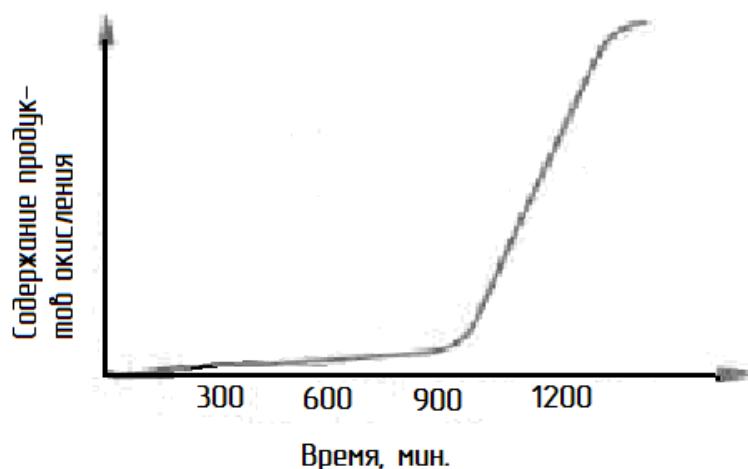


Рисунок 2.6. Индукционный период бензинов: заметного ухудшения качества.

Основное влияние на накопление смол оказывает температура хранения (таблица 1.1). Кроме того, существенное значение имеет степень заполнения емкости. Так, у автомобильного бензина, хранившегося 6 месяцев в полной (заполнение 93 %) бочке, содержание фактических смол возросло в 4 раза, а при заполнении 50 % - в 12 раз. Наличие в емкостях старых продуктов окисления, воды, механических примесей, окалины интенсифицирует процессы окисления и накопления смол.

Таблица 1.1. Изменение содержания смол (мг/100 мл) в бензине при его хранении

Бензин	Начальное содержание смол	После месячного хранения при температуре, 0С		После 10 месяцев хранения при температуре 15...200С	
		15...20	40...45	в темноте	на свету
Автомобильный прямой перегонки	4,0	6,0	396,0	16,0	44,0
Автомобильный катализического крекинга	7,5	14,0	558,0	53,4	76,0
Авиационный	2,0	2,0	54,0	14,0	38,8

В ряде случаев для повышения стабильности в топливо вводят очень небольшое количество (тысячные, сотые доли процента) стабилизаторов (антиокислителей): древесно-смоляной, оксида-фениламин и др., которые тормозят процесс окисления, увеличивая тем самым индукционный период.

## 8. Отчет о работе.

начинается значительное накопление смол и других продуктов окисления, эксплуатационные свойства бензина недопустимо ухудшаются. Для различных марок бензина индукционный период составляет 600...900 мин. У большинства бензинов современных марок индукционный период составляет 900 мин, а у бензина со Знаком качества - 1200 мин. При такой стабильности бензин можно хранить до 1,5 лет без

Отчет о лабораторной работе составляется по совокупности проведенной оценки анализируемого образца бензина по данным ГОСТа и результатам физико-химических анализов. На основании результатов работы дается заключение по качеству анализируемого образца бензина и указывается возможная область его применения.

## **9. Контрольные вопросы**

1. С какой целью проводится фракционная перегонка бензина?
2. Что такое октановое число бензина?
3. В чем сущность моторного и исследовательского методов определения октанового числа?
4. Какие факторы способствуют возникновению детонации?
5. За счет чего меняются свойства бензина при транспортировке и хранении?
6. Назовите марки бензина, широко используемые в сельском хозяйстве.
7. Какие точки характеризуют кривую перегонки бензина?
8. Каковы причины смолообразования и нагарообразования в двигателе?
9. Какое влияние на работу двигателя оказывает давление насыщенных паров?
10. Что такое бензин?

### **2.3 Лабораторная работа №4 ( 2 часа).**

**Тема: «Определение показателей качества дизельного топлива»**

**2.3.1 Цель работы:** 1) Закрепление знаний по качеству основных марок дизельных топлив;

2) Знакомство с нормативно-технической документацией, регламентирующей показатели качества дизельных топлив;

**2.3.2 Задачи работы:**

1. Приобретение навыков по контролю и оценке качества дизельных топлив

**2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный к-т №2 МБ экспресс-анализа топлива
2. вискозиметры капиллярные для определения кинематической вязкости нефтепродуктов;
3. термостат «Вис-Т»;
4. аппарат для определения температуры вспышки нефтепродуктов

**2.3.4 Описание (ход) работы:**

**1. Характеристика образца по внешним признакам:**

Определение наличия механических примесей и воды соответствует материалу, который изложен в работе №2.

**2. Определение плотности дизельного топлива:**

Измерение плотности дизельного топлива соответствует материалу, который изложен в работе №2.

**3. Определение кинематической вязкости:**

*Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев.* Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах динамической или кинематической вязкости.

Процессы испарения и смесеобразования в дизеле зависят от таких свойств топлива, как вязкость, плотность, фракционный состав, давление насыщенных паров, поверхностное натяжение, способность паров топлива диффундировать в окружающую среду, скрытая теплота испарения, теплоемкость.

Увеличение вязкости топлива ведет к укрупнению капель в факеле, ухудшению распыливания и испарения топлива. Топлива с большой вязкостью догорают в ходе такта расширения, снижая экономичность и повышая дымность отработавших газов.

При использовании топлив с высокой вязкостью крупные капли за счет большой кинетической энергии, приобретаемой при впрыске, увеличивают длину факела, повышая его дальность. При этом частично топливо попадает на стенки камеры сгорания, ухудшая процесс смесеобразования (рисунок. 3.1).

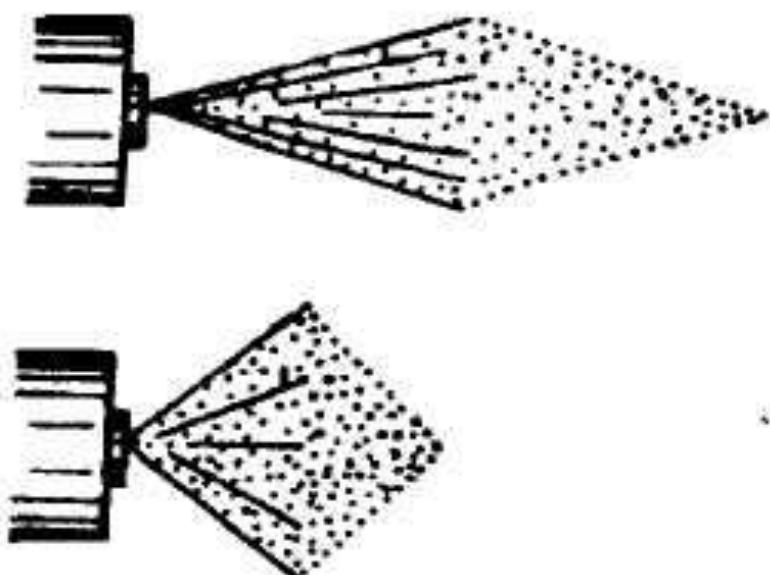


Рисунок. 3.1 Схема факела распыливания топлива.

плотную воздушную струю, вязкость его будет отличаться от вязкости, определяемой в лабораторных условиях при атмосферном давлении. С повышением давления вязкость дизельного топлива увеличивается. Это обстоятельство имеет особенно важное значение при оценке влияния вязкости топлива на работу насоса высокого давления.

В современных дизельных двигателях топливо к форсункам подают насосы плунжерного типа. Плунжер, перемещающийся в гильзе под действием кулачкового вала, обеспечивает дозировку топлива в зависимости от режима работы двигателя. Гильза и плунжер являются прецизионной парой с диаметральным зазором не больше 0,002...0,003 мм. Для нормальной работы трущихся пар со столь малым зазором необходимо применять топливо с определенной вязкостью. В этом случае требования к вязкости топлива обусловливаются двумя причинами.

Во-первых, вязкость топлива должна быть такой, чтобы обеспечить минимальное подтекание его через зазоры в плунжерных парах. Работа топливного насоса характеризуется коэффициентом подачи, определяемым как отношение объема фактически поданного топлива к объему нагнетательной полости насоса. Величина этого коэффициента зависит от количества утечек за время хода нагнетания. Утечки же при прочих равных условиях зависят от вязкости топлива. Чем ниже вязкость, тем больше утечки топлива через зазор между плунжером и гильзой.

Второе требование связано с тем, что прецизионные пары в системе топливоподачи смазываются самим топливом и топливо должно обеспечивать минимальный износ трущихся пар. Маловязкие топлива вполне обеспечивают смазку топливоподающей аппаратуры, в

С другой стороны, топлива с малой вязкостью также ухудшают процесс смесеобразования. При их распыливании образуются мелкие капли, скорость которых в плотном воздухе быстро падает. При укороченном факеле не используется весь объем камеры сгорания для приготовления однородной топливовоздушной смеси. И не весь воздух участвует в процессе смесеобразования, что вызывает избыток топлива и неполное сгорание в той части камеры сгорания, которая расположена около форсунки. При впрыскивании топлива в

связи с чем нижний допустимый предел вязкости дизельных топлив был уменьшен до 2  $\text{мм}^2/\text{с}$  при 20  $^{\circ}\text{C}$ .

В пределах давлений, которые имеют место в топливоподающей аппаратуре двигателей, вязкость топлива может увеличиваться в 6...10 раз. Известно, что с увеличением молекулярного веса топлива, т.е. с утяжелением его фракционного состава, степень повышения его вязкости с ростом давления возрастает. С увеличением давления вязкость дизельных топлив растет быстрее, чем вязкость бензинов. При этом чем выше давление, тем сильнее увеличивается вязкость топлив. Это связано с утяжелением фракционного состава дизельного топлива.

Для летней эксплуатации дизельных двигателей вязкость топлива при 20  $^{\circ}\text{C}$  не должна быть менее 3,0 и более 8,0  $\text{мм}^2/\text{с}$ ; для зимней – не менее 2,2 и не более 6,0. Для сурогового климата арктической зоны не менее 1,5 и не более 4,0.

Вязкость существенно зависит от температуры, что характеризуется вязкостно-температурной кривой топлива (рисунок 3.2).

Плотность дизельных топлив влияет на смесеобразование примерно так же, как и их вязкость. С повышением плотности увеличивается дальность факела, снижается экономичность и растет дымность отработавших газов. Плотность топлива для быстроходных дизелей должна быть в пределах 820...860  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

На рисунке 3.3 показана схема, которая иллюстрирует понятие динамической вязкости. Из рисунка видно, что слои жидкости площадью  $1\text{м}^2$  находятся на расстоянии 1 м и перемещаются относительно друг друга со скоростью 1  $\text{м}/\text{с}$  и при этом оказывают сопротивление силой 1 Н. Такое сопротивление соответствует динамической

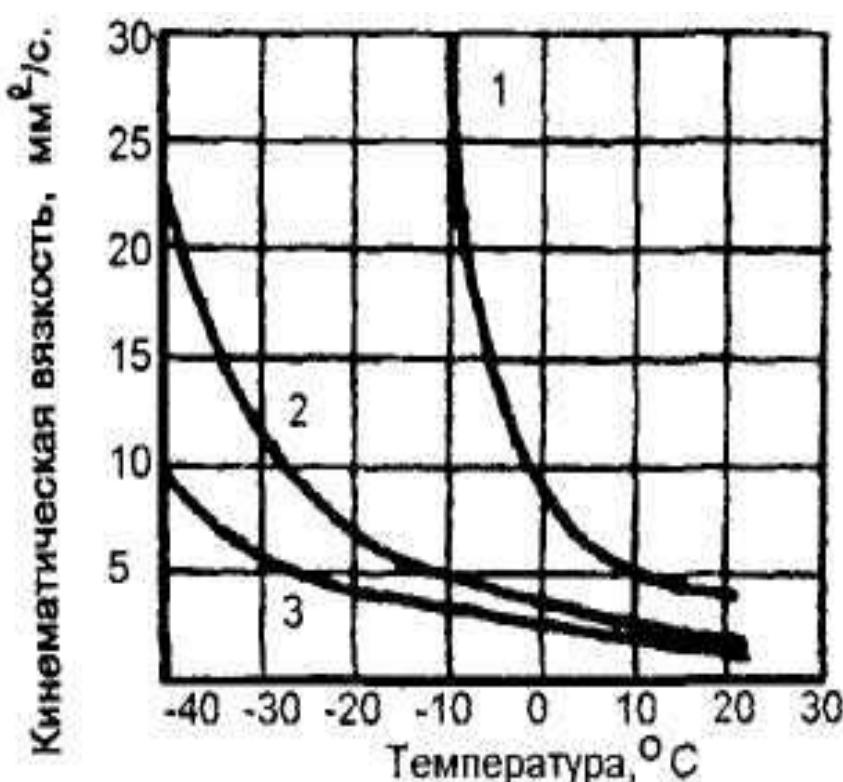


Рисунок 3.2 Вязкостно-температурные кривые летнего (1), зимнего (2) и арктического(3) сортов дизельного топлива. вязкости 1  $\text{Па} \cdot \text{с}$  или 1  $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ .

На практике, как правило, пользуются кинематической вязкостью, которая характеризует эксплуатационные свойства топлив и масел в зависимости от температуры и позволяет решать вопрос о пригодности нефтепродуктов для данного двигателя и о надежности его работы на всех возможных режимах эксплуатации. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТу 33—2000

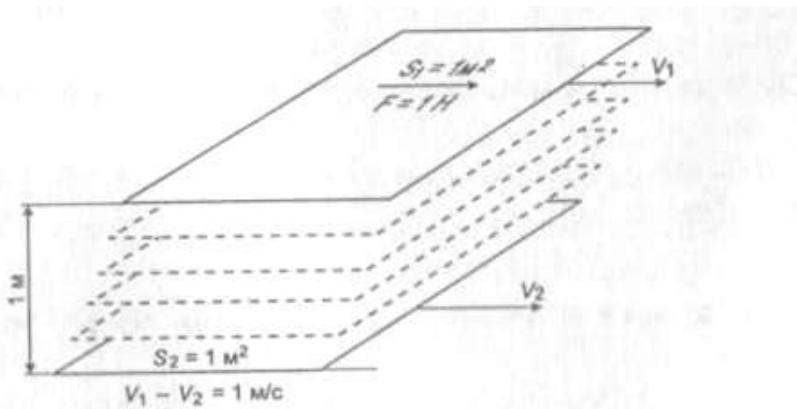


Рисунок 3.3. Схема взаимного смещения слоев жидкости при определении вязкости.

в капиллярном вискозиметре (рисунок 3.4) по времени перетекания определенного объема жидкости (от метки А до метки Б) под действием силы тяжести при заданной температуре. Чем больше время перетекания жидкости через капилляр, тем выше ее вязкость. Кинематическую вязкость  $\nu$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ , рассчитывают по формуле 3.1:

$$\nu = c\tau, \quad (3.1)$$

где  $c$  — калибровочная постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;  
 $\tau$  — время протекания жидкости, с.

Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой 3.2

$$\eta = \nu \cdot \rho 10^{-3}, \quad (3.2)$$

где  $\eta$  — динамическая вязкость жидкости,  $\text{МПа}\cdot\text{с}$ ;  $\rho$  — плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Для определения вязкости нефтепродуктов используются вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 или типа Пинкевича (ВПЖ-4, ВПЖТ-4). При этом вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 используются для определения кинематической вязкости прозрачных нефтепродуктов с вязкостью от 0,6 до 30 000  $\text{мм}^2/\text{с}$ , а вискозиметры типа ВПЖ-4, ВПЖТ-4 — для жидкостей с пределами вязкости 0,6-10 000  $\text{мм}^2/\text{с}$ . Каждый диапазон кинематической вязкости требует ряда вискозиметров.

Капиллярный вискозиметр представляет собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляра (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; до 4,0мм).

Над капилляром помещены два расширения, между которыми и над капилляром имеются кольцевые метки.

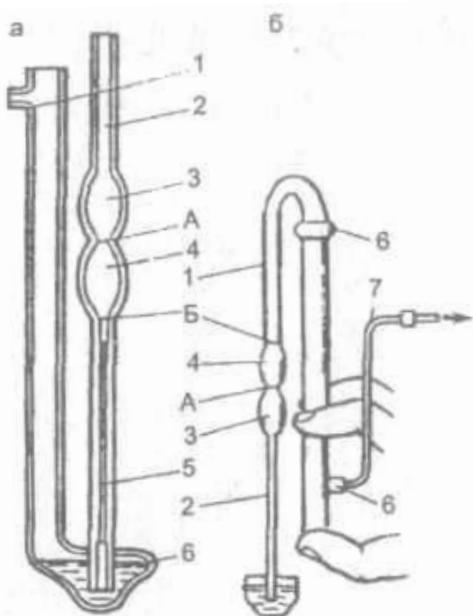


Рисунок 3.4. Заполнение жидкостью вискозиметра: а - типа ВПЖ-2; б - типа Пинкевича. 1 - широкое колено; 2 - узкое колено; 3, 4, 6 - расширительные емкости; 5 - резиновая рубка; 7 - полый отросток; А - верхняя метка; Б - нижняя метка.

в нормальное положение и тщательно обтирают узкое колено от топлива. Использующиеся в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявлять максимум осторожности и, в частности, держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или снимается резиновая трубка.

Следует учитывать, что при попадании во внутреннюю полость вискозиметра воды или даже ее паров он становится неработоспособен.

Затем вискозиметр погружают в термостат (баню) так, чтобы шарик вискозиметра оказался полностью в термостатной жидкости (рисунок 3.5).

Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре 20 °С. При заполнении и выдерживании вискозиметра в нем не должно образовываться разрывов и пузырьков воздуха. Затем, не вынимая вискозиметр из термостата, при помощи резиновой груши создают разряжение в трубке 2 (см.рисунок. 3.4), медленно набирая в шарик 3 несколько выше метки А топливо (из расширения 6).

Нижнее расширение служит резервуаром, куда перетекает жидкость при определении вязкости. Оно расширено с той целью, чтобы высота столба жидкости, под действием которого происходит истечение, оставалась примерно постоянной.

В верхней части высокого колена имеется патрубок, который служит для присоединения резиновой груши. На верхних расширениях нанесены номер вискозиметра и номинальный диаметр капилляра. На каждый экземпляр вискозиметра должен иметься паспорт, в котором указывается постоянная вискозиметра «с» в  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ .

Для заполнения вискозиметра топливом на боковой отвод его надевают резиновую трубку с грушей, переворачивают на 180° и погружают узкое колено в стаканчик с испытуемым топливом. Закрыв пальцем отверстие широкого колена, топливо с помощью груши засасывают в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением.

После этого вискозиметр переворачивают

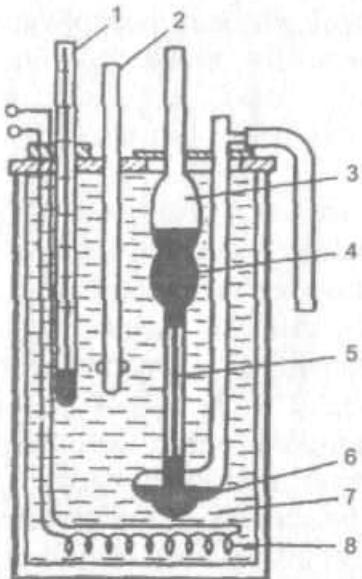


Рисунок. 3.5. Прибор для определения вязкости нефтепродуктов.  
1 - термометр; 2 -мешалка; 3, 4, 6 - расширения вискозиметра; 5 - капилляр вискозиметра; 7 - терmostат (баня); 8 - электроподогреватель.

Подняв топливо выше метки А, отключают резиновую грушу и наблюдают за перетеканием топлива через капилляр 5 и расширение 6.

В момент достижения уровня топлива метки Апускают секундомер, а в момент прохождения уровня метки Б, его останавливают. Замер времени производят с точностью до 0,1 с.

С той же порцией топлива испытание проводят несколько раз. Необходимо получить пять результатов времени истечения топлива, максимальная разность между которыми не превышала бы 1 % от абсолютного значения одного из них.

Для заполнения термостата применяют следующие жидкости: при температуре 100 °C — нефтяное прозрачное масло или глицерин, при 50 °C — воду, при 0 °C — смесь воды со льдом, при более низких температурах — этиловый спирт с твердой углекислотой.

Устройство и принцип работы термостата для измерения вязкости жидкостей «ВИСТ»

Устройство термостата схематично представлено на (рисунок. 3.6): Принцип действия термостата основан на поддержании заданной температуры путем нагревания и охлаждения жидкого теплоносителя, циркулирующего в основной и рабочей ванне. Подогрев теплоносителя и поддержание заданной температуры осуществляется с помощью нагревателя и датчика температуры, расположенных в бочонке 3 и электронного регулятора. Охлаждение - путем теплообмена с окружающей средой, а при температурах близких к окружающей - дополнительно с помощью теплообменника. Для этого необходимо подключить входные и выходные патрубки теплообменника 4 (рисунок 3.8) к

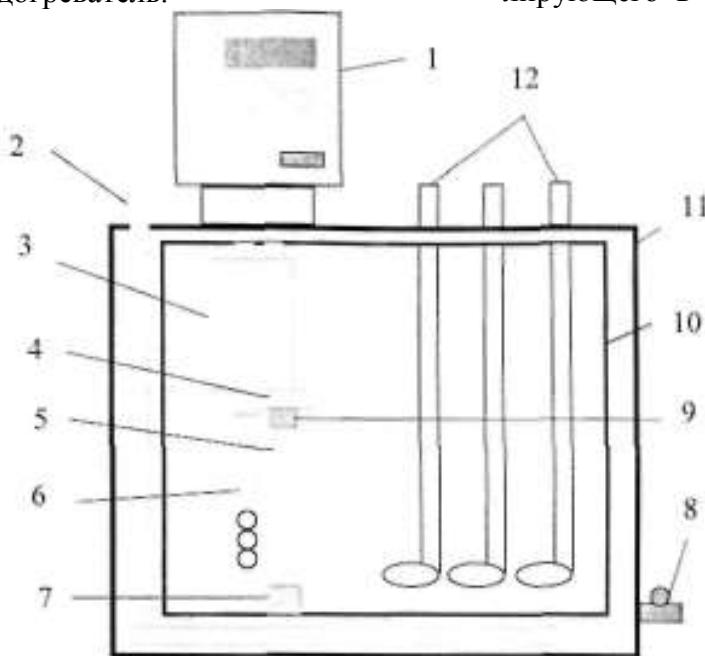


Рисунок 3.6

- 1- блок терморегулирования и индикации;
- 2- теплообменник; 3- бочонок для размещения термодатчика сопротивления и нагревателя;
- 4- циркуляционный насос; 5- входной патрубок насоса;
- 6- выходной патрубок насоса; 7- муфта на дне внутренней ванны;
- 8- сливной кран; 9- муфта на насосе;
- 10- рабочая ванна;
- 11- основная ванна;
- 12- вискозиметры.

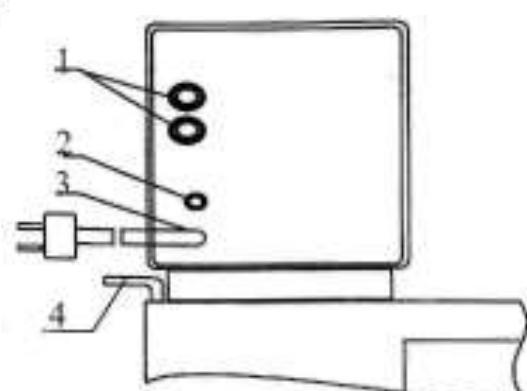


Рисунок 3.8 задней панели блока терморегулирования расположены  
1-предохранители (10 А);  
2-клемма заземления;

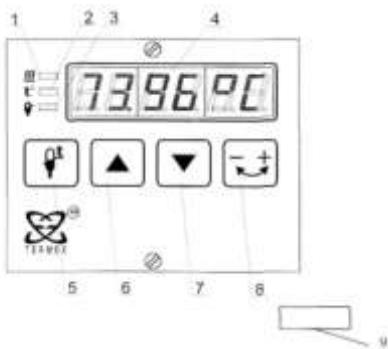


Рисунок 3.7 Лицевая панель блока терморегулирования:

- 1- индикатор включения нагревателя;
- 2- индикатор режима вывода текущей температуры;
- 3- индикатор режима установки температуры;
- 4- индикаторное табло;
- 5- кнопка включения режима установки температуры;
- 6- кнопка повышения значения температуры;
- 7- кнопка понижения значения температуры;
- 8- кнопка «коррекция температуры»;
- 9- сетевой выключатель.

бок насоса 6 поступает в рабочую ванну, и из нее он через верхний край переливается в основную ванну. Три отверстия на выходном патрубке насоса 6 рекомендуется ориентировать так, чтобы поток теплоносителя не раскачивал вискозиметры.

На лицевой панели блока терморегулирования термостата нанесены надписи и обозначения, указывающие назначение органов управления, которые представлены на рисунке 3.7: Заполнить ванны термостата рабочей жидкостью через отверстия в крышке термостата. Уровень жидкости в основной ванне должен быть ниже на 1-2 см уровня переливных отверстий рабочей ванны.

При включении тумблера 9, заработает циркуляционный насос, уровень жидкости в основной ванне понизится. Долить в термостат рабочую жидкость до уровня на (15...20) мм ниже верхней рамки стекла. Метки вискозиметра должны быть легко наблюдаемы. Для подсветки меток можно

использовать настольную лампу или любой другой источник света, расположив его на противоположной стороне термостата.

#### Использование термостата:

Включить блок терморегулирования с помощью тумблера 9 (рисунок 3.7). На индикаторном табло 4 (рисунок 3.7) появится текущее значение температуры в виде: (например) «27.01», и термостат начнет выход на установленное ранее значение температуры (установку). Одновременно должен заработать двигатель насоса.

Для задания установки (точки термостатирования) необходимо:

Включить режим установки температуры, нажав кнопку 5 (рисунок 3.7), при этом загорается индикатор режима установки температуры 3, и на индикаторном табло 4 появится установленное ранее значение, например «30.00 °C».

Кнопками 6(<sup>↑</sup>) и 7 установить на индикаторе требуемое значение установки температуры, при этом <sup>(▼)</sup> необходимо учитывать, что при длительном удерживании соответствующей кнопки меняется шаг изменения установки, т.е. в начале изменяются сотые доли, затем десятые доли, потом единицы и т.д.

3-сетевой шнур;

4-патрубки теплообменника.

водопроводной сети или другому специальному холодильному устройству. Поток охлаждающей жидкости должен быть равномерным и по возможности небольшим. Охлаждение не требуется, если температура в рабочей ванне выше температуры окружающей среды более, чем на 25 °C.

Текущее значение температуры индицируется с помощью цифрового табло, расположенного на передней панели блока регулирования 4.

На рисунке 3.6 термостат представлен без внешнего кожуха. Циркуляция теплоносителя происходит следующим образом: насос через патрубок 5 всасывает теплоноситель из внешней ванны 11 и нагнетает его в бочонок 3, в котором он при необходимости нагревается. Далее теплоноситель через выходной патрубок

насоса 6 поступает в рабочую ванну, и из нее он через верхний край переливается в основную ванну. Три отверстия на выходном патрубке насоса 6 рекомендуется ориентировать так, чтобы поток теплоносителя не раскачивал вискозиметры.

Выключают режим установки температуры, нажав кнопку 5. При этом загорится индикатор режима текущей температуры 2, а индикаторное табло 4 будет показывать значение измеряемой температуры.

*Установленное значение сохраняется в энергонезависимой памяти. При повторном включении блока регулирования автоматически устанавливается значение температуры, заданное ранее.*

#### 4. Определение цетанового числа:

Свойство дизельного топлива, характеризующее мягкую или жесткую работу дизеля, оценивают по его самовоспламеняемости. Эту характеристику определяют путем сравнения работы стандартного дизеля на испытуемом и на эталонном топливе. Оценочным показателем при этом служит цетановое число топлива.

Цетановое число (ЦЧ) дизельного топлива представляет собой процентное (по объему) содержание цетана в смеси его с альфаметил-нафталином, которая по самовоспламеняемости равнозначна испытуемому в стандартном двигателе топливу.

В качестве одного эталона принят цетан, или н-гексадекан  $C_{16}H_{34}$  - парафиновый углеводород нормального строения с малым периодом задержки воспламенения. Его цетановое число принято за 100 ед. Вторым эталоном является альфаметилнафталин -  $C_{10}H_7CH_3$ , представляющий собой ароматический углеводород с двумя конденсированными бензольными ядрами. Альфаметилнафталин обладает большим периодом задержки воспламенения и вызывает очень жесткую работу дизеля. Его цетановое число условно принято за 0 ед. Если, например, самовоспламеняемость испытуемого топлива равнозначна самовоспламеняемости смеси, состоящей из 45 % цетана и 55 % альфаметилнафталина, то цетановое число топлива будет равно 45.

Цетановое число можно определить 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-ЗМ. Конструкция установки обеспечивает изменение степени сжатия в пределах от 7 до 23. Сначала пускают двигатель и устанавливают стандартный режим работы, после чего переводят двигатель на испытуемое топливо.

Изменяя степень сжатия, добиваются начала самовоспламенения топлива строго в ВМТ. Затем подбирают такую смесь цетана с альфа-метилнафталином, чтобы она при этих же условиях самовоспламенялась строго в ВМТ. Процентное содержание цетана в этой смеси дает цетановое число испытуемого топлива.

Для нормального пуска и плавной работы дизеля необходимо, чтобы топливо летних сортов имело цетановое число 40...45, а зимних сортов - 45...50 ед. При этих значениях ЦЧ основные показатели сгорания, период задержки воспламенения (1), скорость нарастания давления (2) и удельный расход топлива (3), соответствуют оптимальному значению (рисунок 3.9).

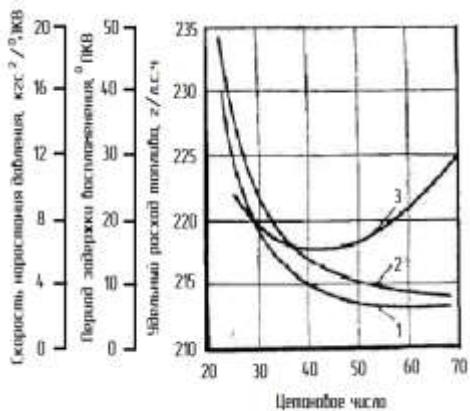


Рисунок 3.9. Влияние цетанового числа на основные показатели процесса сгорания.

Величина цетанового числа топлива определяет скорость химических процессов подготовки смеси к воспламенению и поэтому характеризует только одну из составляющих общего периода задержки воспламенения.

Цетановое число зависит от количества и строения углеводородов, входящих в состав дизельного топлива. Углеводороды различных классов существенно различаются по воспламеняемости. Парафиновые и олефиновые углеводороды термически менее устойчивы, быстро распадаются и окисляются с образованием перекисей и других легковоспламеняющихся продуктов не полного окисления. Поэтому парафиновые углеводороды имеют самые высокие цетановые числа. Среди парафиновых углеводородов наибольшие цетановые числа имеют соединения нормального строения. Углеводороды с одной или несколькими боковыми цепями обладают меньшим цетановым числом.

Для окисления ароматических углеводородов необходимы более высокая температура и больший промежуток времени, поэтому их цетановые числа, как правило, невелики. Особенно низкие цетановые числа имеют бициклические ароматические углеводороды. Увеличение числа углеродных атомов в молекулах углеводородов ведет к росту цетанового числа.

Преобладание тех или иных углеводородов в составе дизельного топлива предопределяет его цетановое число. С увеличением содержания ароматических углеводородов цетановое число дизельных топлив уменьшается. Цетановые числа высококипящих фракций дизельного топлива, как правило, выше, чем низкокипящих.

Цетановое число топлива можно определить, если известен его групповой химический состав, по следующей формуле 3.3:

$$\text{ЦЧ} = 0,85\text{П} + 0,1\text{Н} - 0,2\text{А}, \quad (3.3)$$

где П, Н и А - содержание в топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов по массе, %.

Кроме этого ЦЧ можно определить по вязкости и плотности дизельного топлива согласно формулы 3.4:

$$\text{ЦЧ} = (v_{20} + 17,8)1587,9 / \rho_{20} \quad (3.4)$$

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

$\rho_{20}$  - плотность топлива при 20°C, кг/м<sup>3</sup>.

При рассмотрении влияния углеводородного состава на цетановое число топлива можно заметить, что углеводороды, имеющие высокие цетановые числа обладают низкой детонационной стойкостью, т.е. имеют малые величины октановых чисел. На этом основании выведена эмпирическая зависимость цетанового числа топлива от его октанового числа (ОЧ) формула 3.5:

$$\text{ЦЧ} = 60 - \text{ОЧ} / 2, \quad (3.5)$$

Чем выше октановое число топлива, тем ниже его цетановое число и наоборот. Поэтому добавление в дизельное топливо бензиновых фракций всегда ведет к снижению цетанового числа.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива могут использоваться специальные присадки. Наиболее эффективными являются некоторые перекисные соединения и алкилнитраты (соединения, отвечающие общей формуле  $R\text{-ONO}_2$ , где R - радикал, например этил, изопропил, амил и т. д.).

На сгорание дизельного топлива значительное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Положительно влияет повышение степени сжатия, а следовательно, температуры и давления воздуха в цилиндре двигателя. При этом улучшается процесс сгорания, двигатель работает более мягко.

Увеличение угла опережения впрыскивания топлива отрицательно сказывается на периоде задержки самовоспламенения, ибо топливо поступает в менее сжатую и нагретую среду и работа двигателя будет более жесткой. Если впрыскивание происходит очень рано, то за счет воспламенения и преждевременного сгорания части топлива может развиться значительное давление до прихода поршня в ВМТ, что вызовет потерю мощности из-за преодоления давления горючих газов и снижение КПД двигателя.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать интенсивное вихреобразование при сжатии воздуха, что сокращает время нагрева и испарения впрынутого топлива, а значит, уменьшает время первой фазы сгорания. В качестве материала для поршней лучше использовать не алюминий, а чугун, так как он обладает меньшей теплопроводностью и поэтому его температура будет выше. Следовательно, при поршнях из чугуна более интенсивно будут нагреваться воздух и топливо, что способствует уменьшению периода самовоспламенения.

Величина цетанового числа определяет пусковые свойства дизельного топлива. С увеличением цетанового числа применяемого топлива пуск двигателя облегчается. Однако это положение справедливо для топлива, лишь незначительно различающегося по фракционному составу. При большой разнице во фракционном составе тяжелое топливо с высоким цетановым числом часто оказывается хуже по пусковым свойствам, чем легкое топливо с более низким цетановым числом.

Пусковые свойства являются важной, но не решающей эксплуатационной характеристикой дизельного топлива. Если для карбюраторного двигателя минимальная частота прокручивания коленчатого вала при пуске лежит в пределах 30...50 об/мин, то для дизельного двигателя она должна быть не менее 100...300 об/мин. Только при этом условии может быть достигнута температура самовоспламенения топлива.

Для того, чтобы обеспечить столь высокую скорость вращения коленчатого вала, дизельные двигатели, как правило, пускают с помощью различных вспомогательных пусковых устройств или средств (сжатый воздух, бензиновые пусковые двигатели, пусковые жидкости, подогреватели, стартеры и т.п.).

В современных дизелях топливо к форсункам подают и дозируют насосы плунжерного типа. Гильза и плунжер являются прецизионной парой с диаметральным зазором 0,002...0,003 мм. При этом вязкость должна быть такой, чтобы обеспечить минимальное подтекание топлива через зазоры и смазку прецизионных пар топливного насоса. Эти соображения также ограничивают минимально допустимый уровень вязкости дизельного топлива.

## **5. Ознакомиться с методикой определения температуры помутнения и застывания:**

Топливо с высоким уровнем вязкости обычно имеет плохие низкотемпературные свойства и его применение при отрицательных температурах воздуха вызывают осложнения, главным образом при подаче топлива в двигатель.

Вязкость дизельного топлива с понижением температуры возрастает. Однако, снижение температуры топлива и соответствующее повышение его вязкости в некоторых пределах лишь незначительно влияет на производительность подкачивающего насоса.

Резкое уменьшение производительности насоса наблюдалось только при охлаждении ниже минус 40 °С. Для сохранения постоянным расхода подаваемого топлива при низких температурах необходимо некоторое повышение избыточного давления, создаваемого насосом. Повышение сопротивления на участке от подкачивающего насоса до насоса высокого давления даже при значительных повышениях вязкости не вызывает затруднений с

подачей топлива. Основные нарушения в системе подачи при низких температурах связаны с температурой помутнения и застывания топлива.

В отличие от бензинов в составе дизельного топлива может быть довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. К их числу, в первую очередь, относятся парафиновые углеводороды нормального строения. При понижении температуры самые высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет, превращаясь из однородной (гомогенной) структуры в неоднородную (гетерогенную). Возникает опасность забивки фильтров кристаллами парафинов. Поэтому принято считать, что температура помутнения дизельного топлива должна быть несколько ниже температуры применения. Однако топливо может хорошо прокачиваться и при температурах ниже температуры помутнения. Если топливный фильтр стоит в подкапотном пространстве и подогревается за счет тепла, излучаемого двигателем, температура окружающей среды, при которой возможно применение топлива, может оказаться значительно ниже температуры его помутнения.

При дальнейшем охлаждении помутневшего топлива выпавшие кристаллы высокоплавких углеводородов начинают сращиваться, образуя пространственную решетку, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. При определенной температуре образующаяся структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть. *Температурой застывания* называют температуру, при которой налитое в пробирку дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях достигает такого состояния, что не изменяет положения мениска в течение одной минуты при наклоне пробирки на 45°.( ГОСТ 20287-91).

Температура застывания дизельного топлива - это величина условная и служит лишь известным ориентиром для определения возможных условий применения топлива. При перекачке топлива под давлением кристаллическая структура высокоплавких углеводородов может быть механически разрушена, и топливо на какой-то период приобретает текучесть при температуре ниже

температуры застывания. Следует отметить, что разрушенная кристаллическая структура топлива быстро восстанавливается.

В настоящее время стандартизован метод определения предельной температуры фильтруемости топлива (ГОСТ 22254-76). Это температура, при которой топливо после охлаждения в определенных условиях способно еще проходить через фильтр с установленной скоростью.

Испытуемое топливо при небольшом вакууме (200 мм. вод. ст.) засасывают через стандартную металлическую сетку (№004), зажатую в патроне, в стеклянную бюретку емкостью 20 мл (рисунок 3.9). Испытания проводят при последовательном охлаждении топлива. Температуру, при которой прекратится фильтрование топлива или время заполнения

бюретки превысит 60 с, принимают за предельную температуру фильтруемости.

Предельная температура фильтруемости дизельного топлива обычно бывает ниже температуры помутнения, но выше температуры застывания. Положение ее в этом интервале может быть различным: либо ближе к температуре помутнения, либо - к температуре застывания.

Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива осуществляют двумя способами. Первый из них связан с удалением из топлива высокоплавких алканов нормального строения.

Второй путь - добавление к дизельному топливу присадок, названных депрессорными. Эти присадки существенно снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости топлива и практически не изменяют температуру помутнения. В качестве де-

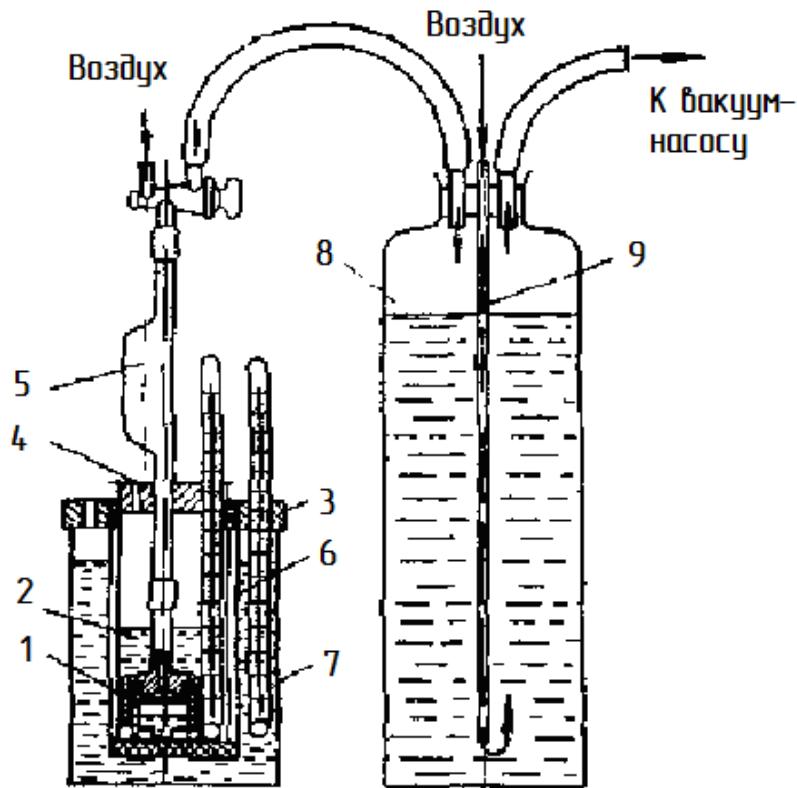


Рисунок 3.9 Схема прибора для определения температурного предела фильтруемости топлива:

1-фильтр; 2-сосуд для топлива; 3-бюретка; 4- пробка; 5- крышка; 6- сосуд-рубашка; 7- сосуд для охлаждения; 8-резервуар постоянного вакуума; 9-трубка.

прессорных присадок промышленное применение получили сополимеры этилена с винил-ацетатом.

Нарушения работы топливоподающей системы дизелей при низких температурах возможны также вследствие выпадения кристаллов льда. Однако растворимость воды в дизельном топливе меньше, чем ее растворимость в бензине и керосине, и каких-либо мер борьбы с этим явлением в дизелях не принимают. В некоторых конструкциях дизелей топливо частично возвращается после насоса и форсунки в топливный бак. При этом все топливо в баке немного нагревается и осложнения, вызванные низкотемпературными свойствами дизельного топлива, относятся только к периоду пуска дизеля.

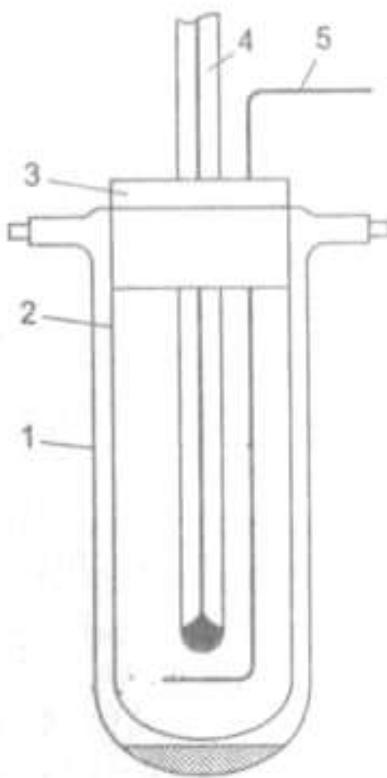


Рисунок 3.10. Прибор для определения температуры помутнения и застывания топлива: 1 - пробирка наружная; 2 - пробирка внутренняя; 3 - пробка; 4 - термометр; 5 – мешалка.

ссы, уровень которой поддерживать на 30-40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охладительной смеси при испытании все время должна быть на  $15 \pm 2$  °C ниже температуры испытуемого топлива.

4. Укрепить внутреннюю пробирку с топливом и термометром во внешней пробирке. Во избежание запотевания внутренних стенок между пробирками заливают серную кислоту в количестве 0,5-1,0 мл.

5. Поместить собранный прибор в охлаждающую смесь. Топливо во время охлаждения все время перемешивать.

6. За 5 °C до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынуть из охлаждающей смеси, быстро вытереть ватой, смоченной спиртом, и сравнить с эталоном. Продолжительность определения сравнения не более 12 с.

7. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, то пробирку снова опускают в сосуд прибора и дальнейшее наблюдение производят через каждый градус, понижая температуру топлива. Эти сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном производят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т.е. когда в нем появится муть. При определении температуры помутнения неизвестного образца топлива сначала устанавливают значения этих температур приблизительно путем наблюдения за состоянием топлива через каждые 5 °C.

8. Для определения температуры застывания топлива в соответствии с пунктами 1 и 2 подготовить прибор с испытуемым обезвоженным (с помощью свежепрокаленного хлористого кальция) топливом. Подготовленный прибор поместить в сосуд с охлаждающей жидкостью. Температура охладительной смеси должна быть на 5 °C ниже предполагаемой температуры застывания топлива.

#### Оборудование:

- прибор для определения температуры помутнения топлива (рисунок. 3.10);
- штатив лабораторный;
- реактивы для охладительных смесей (соль-лед для температуры до минус 20 °C; спирт и углекислота - сухой лед - для температуры ниже минус 20 °C);
- пробирка;
- образец топлива;
- серная кислота.

Сущность определения температуры помутнения топлива заключается в глубоком его охлаждении и визуальном наблюдении за изменением его состояния.

Сущность определения температуры застывания заключается в глубоком охлаждении топлива до состояния потери подвижности.

#### Порядок выполнения работы

1. Испытуемое топливо тщательно перемешать и налить во внутреннюю пробирку до метки (40 мм от dna нанесена метка). Пробирку закрыть корковой пробкой с термометром. Термометр вставить так, чтобы его ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от dna и равном расстоянии от стенок.

2. Налить испытуемое топливо в другую пробирку, которую использовать в качестве эталона прозрачности.

3. Заполнить сосуд прибора охлаждающей смесью,

уровень которой поддерживать на 30-40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охладительной смеси при испытании все время должна быть на  $15 \pm 2$  °C ниже температуры испытуемого топлива.

9. Не вынимая из охлаждающей смеси, наклонить прибор под углом 45° и держать в таком положении в течение одной минуты, до тех пор, пока испытуемое топливо в пробирке примет температуру, соответствующую температуре его застывания.

10. Вынуть пробирку из охлаждающей смеси, протереть стенки ватой, смоченной в спирте, и наблюдать, не сместился ли мениск топлива. Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот. Если температура топлива неизвестна даже приблизительно, испытание по смещению мениска проводят через каждые 5 °C понижения температуры топлива. Температуру смеси в этом случае поддерживают на 4-5° ниже температуры топлива. После проведения испытания прибор и рабочее место привести в первоначальное положение.

## **6. Определение температуры вспышки дизельных топлив:**

Температурой вспышки называется та температура, при которой пары топлива с воздухом образуют горючую смесь, воспламеняющуюся при поднесении источника огня.

Температура вспышки топлив для быстроходных дизелей должна быть не ниже +55°; понижение температуры вспышки указывает на наличие в топливе легких фракций (керосиновых, бензиновых), что создает большую огнеопасность, увеличивает потери при хранении и перевозках, а также повышает жесткость работы дизеля.

Температуру вспышки топлива определяют в приборе закрытого типа, показанном на рисунке 3.11. Прибор состоит из металлической ванны 1, укрепленной на треножнике. Внутри ванны помещается латунный стакан 2, куда заливается испытуемое топливо. Стакан закрывается крышкой 3 с подвижной заслонкой. Крышка показана на рисунке 3.12. В ней имеются три отверстия, два из них 1 для подачи воздуха в стакан и центральное 2 для подвода пламени к испытуемому топливу. Пламя подводится от зажигательной лампочки 3, соединенной с газовой сетью. Если в лаборатории нет газа, лампочку можно приспособить для сжигания в ней фитилька, пропитанного маслом. В крышке укреплены мешалка 4 и термометр 5. Ванна и стакан с топливом подогреваются небольшой газовой горелкой 4 (рисунок. 3.11а и 3.11б) или спиртовкой.

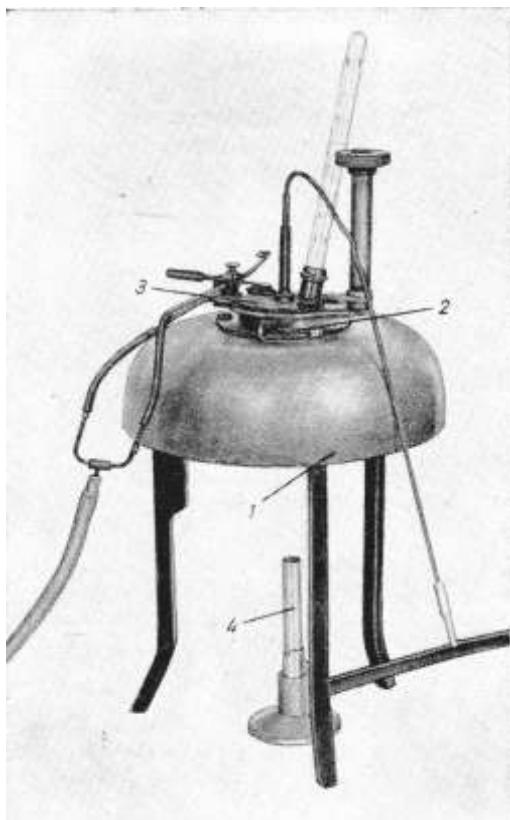


Рисунок 3.11а. Прибор для определения температуры вспышки топлива. 1-ванна, 2-стакан, 3- крышка, 4- горелка

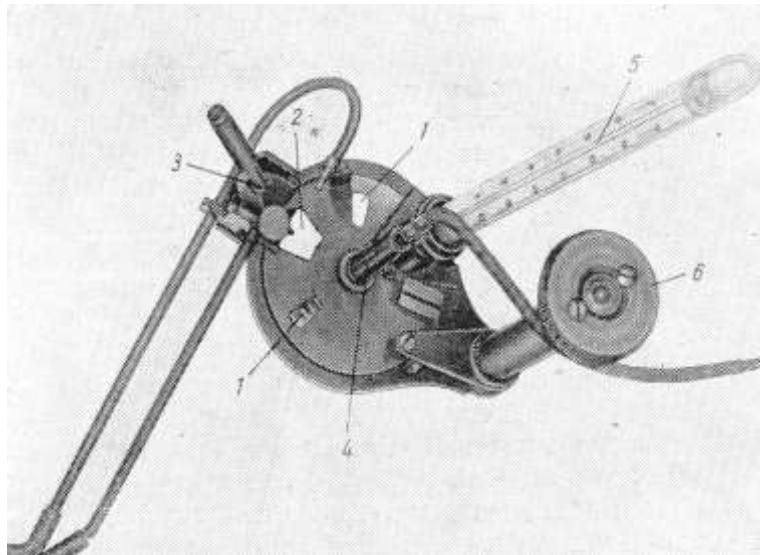


Рисунок 3.11б Крышка к прибору для определения температуры вспышки:  
1-отверстия для подвода воздуха, 2-отверстие для подачи пламени; 3-зажигательная лампочка; 4-мешалка; 5-термометр 6-ручка.

Испытуемое топливо наливают в стакан до риски в верхней его части. Стакан помещают в ванну и закрывают крышкой. Зажигают горелку и начинают нагревать топливо со скоростью подъема температуры не более  $2^{\circ}$  в минуту. Во время нагревания топливо периодически помешивают мешалкой. Примерно за  $10^{\circ}$  до ожидаемой температуры вспышки, для дизельных топлив с  $35-40^{\circ}$ , начинают проверять, нет ли температуры вспышки. Для этого ручкой 6 (рис. 3.11б) поворачивают заслонку, открывают доступ в топливо атмосферного воздуха и в это же время опускают в центральное отверстие зажигательную лампочку; заслонку держат открытой 1-2 сек, а затем закрывают. Если вспышки не было, то повышают температуру на  $2^{\circ}$  и повторяют пробу, пока не будет обнаружена вспышка. Температура вспышки легко определяется появлением на поверхности топлива небольшого синего пламени, это вспыхивает смесь паров топлива с воздухом, пламя держится короткий период - доли секунды и гаснет. Отмечают температуру, при которой появилась первая вспышка. В приборах данного типа при интенсивном нагревании очень быстро создается богатая смесь, при которой вспышки не происходит, так как образуется очень много паров топлива, а воздуха подается недостаточно для образования горючей смеси. Поэтому нужно осторожно вести нагревание и суметь правильно определить температуру вспышки, которая в приборах закрытого типа может наблюдаться только при определенной концентрации паров топлива и подаваемого воздуха.

## 7. Методика проведения испытаний на медной пластине (ГОСТ 2084-77):

Содержание в нефтепродуктах серы и сернистых соединений крайне нежелательно, так как эти включения вызывают коррозию и разъедание металлических поверхностей деталей машин и механизмов.

Сущность испытания на медной пластине заключается в фиксировании изменения цвета медной пластинки под влиянием действующих на нее свободной серы или активных сернистых соединений, находящихся в исследуемом топливе.

Испытание проводят следующим образом. В стеклянную пробирку диаметром 15 мм и высотою 150 мм наливают испытуемое дизельное топливо до высоты около 60 мм, не пропуская его через фильтровальную бумагу. В пробирку помещают с помощью щипцов свежеочищенную нулевой наждачной бумагой и промытую в спирте пластину из электролитической меди размером 40 x 10 x 2 мм. Пробирку закрывают корковой пробкой и ставят на водянную баню, где выдерживают 3 ч при 50 °C (или в течение 18 мин при 100 °C - ускоренный метод). Затем, вынув пластину и промыв ее в ацетоне или спирте-ректификате в течение 1 - 2 мин, сравнивают ее цвет с цветом такой же пластины, не подвергавшейся испытанию. Черные, темно-коричневые и серо-стальные пятна, налет свидетельствуют о том, что дизельное топливо не выдержало испытания. Такое топливо бракуют.

При всех других изменениях цвета пластины или при их отсутствии считается, что дизельное топливо испытание выдержало.

Для каждого образца топлива необходимо проводить не менее двух испытаний.

## **8. Марки дизельных топлив и области их применения**

Марки дизельного топлива по ГОСТ 305-82 устанавливают в зависимости от условий применения: летнее (Л) - для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0 °C и выше; зимнее (З) - для эксплуатации при - 20 °C и выше (с температурой застывания не выше - 45 °C); арктическое (А) - для эксплуатации при - 50 °C и выше (с температурой застывания - 55 °C).

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида:

с массовой долей серы не более 0,2 %;

с массовой долей серы не более 0,5 % (для топлива марки А не более 0,4 %).

В условное обозначение топлива марки Л должны входить значение массовой доли серы и температура вспышки (Л-0,2-40); топлива марки З - массовая доля серы и температура застывания (З-0,2-35); топлива марки А - массовая доля серы.

Для применения в летний период при температуре окружающего воздуха до 5 °C выпускается дизельное топливо *утяжеленного фракционного состава* (УФС). В отличие от стандартного это топливо имеет более высокую температуру конца кипения (на 20...30 °C), что позволяет увеличить ресурсы дизельного топлива на 5...8% (ТУ 38.001.355-86).

*Топливо расширенного фракционного состава* (РФС), выкипающее в пределах 60...400 °C, позволяет увеличить ресурсы дизельного топлива примерно на 30 % и имеет цетановое число около 40 (ТУ 38.401.652-87).

Начавшаяся в России дизелизация автомобильного транспорта потребовала увеличения ресурсов дизельного топлива. Основным при этом должно было стать топливо широкого фракционного состава, выкипающее в пределах от 60 до 360 °C.

При переходе на производство единого топлива в нефтеперерабатывающей промышленности основное место будут занимать мощные высокопроизводительные установки прямой перегонки нефти и гидроочистки от сернистых соединений.

Для улучшения экологической обстановки в России начиная с 1991 г. организовано производство летнего экологически чистого дизельного топлива (ТУ 38.101.1348 - 90). Оно отличается низким содержанием серы и предназначено для применения, прежде всего в крупнонаселенных городах и курортных зонах.

Установлены две марки дизельного летнего экологически чистого топлива:  
ДЛЭЧ-В - с ограничением содержания ароматических углеводородов (один вид топлива с массовой долей серы не более 0,05 %, а другой — не более 0,1 %);  
ДЛЭЧ - без ограничения содержания ароматических углеводородов (один вид топлива с массовой долей серы не более 0,05 %, а другой - не более 0,1 %).  
Применяются эти летние марки дизельного топлива при температуре окружающего воздуха до -5 °C.

Для использования в районах Крайнего Севера и Арктики вырабатывается арктическое экологически чистое дизельное топливо (ТУ 38.401.5845 - 92). Это уникальное дизельное топливо с температурой застывания -55 °C может быть двух видов: с содержанием серы не более 0,05 % и с содержанием серы не более 0,01 %. Для него характерно также небольшое содержание ароматических углеводородов (5... 10%).

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации техники в зимний период при температуре до -15 °C вырабатываются зимние дизельные топлива с депрессорной присадкой ДЗп (ТУ 38.101.889- 81), которые изготавливаются на основе летних дизельных топлив с содержанием серы 0,5 или 0,2 %. Дизельное топливо ДЗп-15/25 (ТУ 38.401.5836-92) с депрессорной присадкой рекомендовано для применения при температуре наружного воздуха до -25 °C. Кроме того, для поставок на экспорт вырабатывается дизельное топливо ДЛЭ и ДЗЭ (ТУ 38.001.162-85) с содержанием серы 0,2 %.

В районах газовых месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера допущены к применению газоконденсатные широкофракционные летнее (ГШЛ), зимнее (ГШЗ) и арктическое (ГША) дизельные топлива.

К недостаткам конденсатов при использовании их в качестве топлива широкого фракционного состава следует отнести низкую температуру начала кипения, результатом чего является парообразование в топливной системе и ухудшение запуска горячего двигателя.

## **9. Отчет о работе.**

Отчет о лабораторной работе составляется по совокупности проведенной оценки анализируемого образца дизельного топлива по данным ГОСТа и результатам физико-химических анализов следующим образом.

На основании результатов работы дается заключение по качеству анализируемого образца дизельного топлива и указывается возможная область его применения.

## **10. Контрольные работы**

1. Что называется дизельным топливом?
2. Для чего определяется вязкость топлива и как она влияет на работу дизелей?
3. Что такое вязкость? Какая бывает вязкость, размерность вязкости? Что называется кинематической вязкостью? Что такое динамическая вязкость? Связь между этими вязкостями?
4. Что показывает цетановое число и как оно определяется?
5. Какое влияние оказывает цетановое число на работу двигателя?
6. С какой целью проводят испытание на медной пластине?
7. Назовите марки топлива для быстроходных дизелей?
8. Что означают буквы и цифры в марках дизельного топлива?
9. Какие свойства топлива влияют на работу двигателя при низкой температуре?
10. Как влияет на работу двигателя содержание кислот и серы в топливе?

### **2.4 Лабораторная работа №5 ( 2 часа).**

**Тема: «Определение показателей качества моторного масла»**

#### **2.4.1 Цель работы:**

- 1) Закрепление знаний по качеству основных марок моторных масел;
- 2) Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству моторных масел (ГОСТами на показатели качества и методы их определения);

**2.4.2 Задачи работы:** Приобретение навыков по оценке качества моторного масла

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. портативная лаборатория анализа масла ПЛАМ;
2. прибор для определения коррозийности масла АП-1

#### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

##### **1. Назначение смазочных материалов, основные функции выполняемые смазочными материалами.**

Под *трением* (внешним) понимают сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним. Уменьшение потерь на трение и снижение интенсивности изнашивания поверхностей деталей - основное назначение смазочных материалов. Кроме того, в зависимости от условий применения смазочные материалы выполняют и другие функции: отводят теплоту от нагреваемых поверхностей, предохраняют их от коррозии, очищают от накапливающихся продуктов износа и механических примесей, герметизируют узлы трения.

По характеру взаимопрелемещения трущихся деталей различают два вида трения: трение покоя - трение двух тел при предварительном смещении и трение движения - трение двух тел, находящихся в относительном движении. Трение движения в свою очередь подразделяется по характеру движения (трение скольжения и трение качения) и по наличию смазочного материала (трение без смазки, граничное трение и жидкостное трение).

Трение скольжения возникает при движении соприкасающихся тел, у которых скорости в точках касания различны (при поступательном движении одной поверхности по другой или при вращении одной детали внутри другой). Оно может быть сухим, граничным и жидкостным. Сухое трение сопровождается существенными потерей мощности, выделением тепла, износом. При трении качения скорости в точках касания одинаковы по величине и направлению. Трение качения с проскальзыванием возникает при одновременном качении и скольжении соприкасающихся тел.

*Сухое трение* - это трение двух твердых тел при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала (рисунок 4.1). Граничное трение возникает в том случае, когда поверхности трения разделены слоем смазки настолько малой толщины (менее 0,1 мкм), что свойства этого слоя отличаются от объемных свойств, а сила трения зависит только от природы и состояния тру

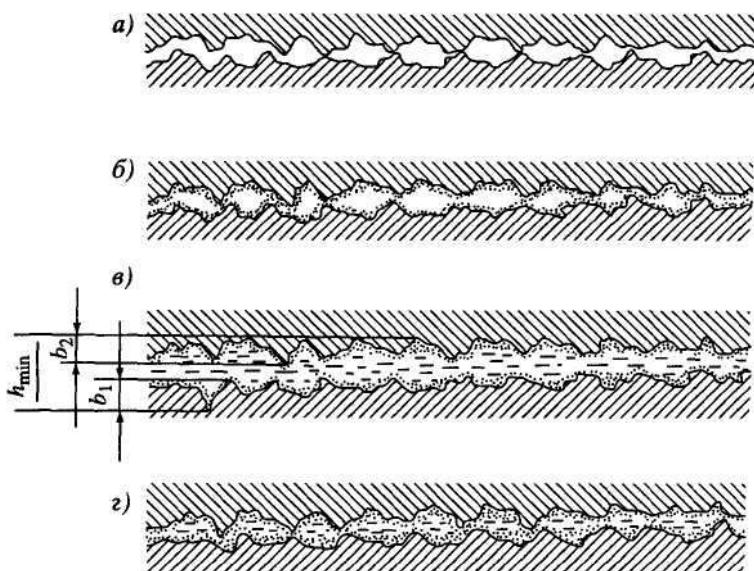


Рисунок 4.1 Виды трения по наличию смазочного материала:

а - трение без смазки;      б - граничное трение;  
в - жидкостное трение;      г - смешанное трение.

когда одно тело перекатывается по поверхности другого (шариковые и роликовые подшипники, движение колеса). Здесь контакт может быть точечным или линейным. Трение качения значительно меньше не только сухого трения скольжения, но и трения скольжения смазанных поверхностей. Поэтому всегда, где возможно трение скольжения заменяют трением качения.

Если трещущиеся поверхности полностью разделены слоями масла, то трение между металлами заменяется трением между частицами масла – обеспечивается жидкостное трение. Для этого минимальная толщина смазочного слоя должна быть больше, чем суммарная высота микровыступов, имеющихся на поверхности трения формула 4.1,

$$h_{\min} \geq 1.5(b_1 + b_2), \quad (4.1)$$

где  $b_1, b_2$  - высота микронеровностей поверхностей трения, мкм;

$h_{\min}$  - минимальная толщина масляной пленки при жидкостном трении, мкм.

*Смешанный (полужидкостный) режим* возникает, когда между поверхностями трения наблюдается частичное разрушение масляного слоя, имеет место контакт микронеровностей. При этом наблюдается граничное, а иногда и сухое трение. В двигателях и других агрегатах есть узлы, где не всегда обеспечивается жидкостное трение, например нагруженные зубчатые передачи, сопряжение цилиндр-поршень. Многие узлы, работающие при установившемся режиме при жидкостном трении, имеют смешанное трение в период пуска, прогрева и остановки.

*Граничным* называют такой режим трения, когда трещущиеся поверхности разделены только тонкой адсорбированной масляной пленкой. Коэффициент трения в этом случае ниже сухого, но выше жидкостного. В режиме граничного трения нередко работают трещущиеся со-пряжения при эксплуатации машин: малые скорости и высокие нагрузки, пуск и остановка, преодоление кратковременных перегрузок.

К причинам затрат энергии на трение без смазки относят: механическое зацепление неровностей (шероховатостей) одной трещущейся поверхности за неровности другой при их перемещении, силы межмолекулярного притяжения, явление сваривания трещущихся пар -

ящихся поверхностей. При жидкостном трении смазочный слой полностью отделяет взаимопротивляющиеся рабочие поверхности одну от другой и имеет толщину, при которой проявляются нормальные объемные свойства масла.

*Трение скольжения* возникает при поступательном движении одной поверхности по другой или при вращении одной детали внутри другой. В подавляющем большинстве случаев в ДВС наблюдается трение скольжения: перемещение поршня в цилиндре, вращение коленчатого вала в подшипниках, движение штанг толкателей клапанов по направляющим и т.д.

*Трение качения* наблюдается,

отдельных острых выступов в условиях высоких удельных давлений и значительном выделении тепла, что может привести к катастрофическому изнашиванию деталей.

Моторные масла обеспечивают:

- снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки;
- уплотнение зазоров в сопряжениях и, в первую очередь, деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ);
- отвод тепла от трущихся деталей, удаление продуктов износа из зон трения;
- защиту рабочих поверхностей трущихся деталей от коррозии продуктами окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения).

Эксплуатационные требования к моторным маслам:

- оптимальная вязкость, определяющая надежную и экономичную работу агрегатов на всех режимах;
- хорошая смазывающая способность;
- устойчивость к испарению, вспениванию, выпадению присадок;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежности двигателя;
- сохранение качества при хранении и транспортировке. Для выполнения этих требований моторные масла обладают рядом свойств, к важнейшими из которых относятся вязкостные и изотермические.

Изменения происходящие в маслах при их работе в двигателе.

При работе любой сборочной единицы машины, установки свойства смазочных материалов изменяются: происходит загрязнение механическими примесями и водой, продуктами износа деталей и сгорания топлива, накапливаются растворимые и взвешенные продукты окисления. В процессе работы масло стареет. В двигателях наиболее заметные изменения качества вызваны процессами окисления и термического распада углеводородов масел, которые являются основной причиной образования лаков и нагаров в зоне цилиндро-поршневой группы.

Некоторые продукты окисления (смолы, органические кислоты) находятся в масле в растворенном состоянии. Они вызывают увеличение вязкости и кислотного числа масел. Другие (типа асфальтовых соединений) способны образовывать лаки, липкие осадки, приносящие особенно большой вред, т.к. вызывают залегание и пригорание поршневых колец. Значительная часть продуктов окисления находится в виде мелкой устойчивой механической взвеси, участвующей в образовании нагаров. Маслофильтрующими устройствами не удается полностью очистить от них масло, поэтому количество углеродистых частиц в процессе работы двигателя увеличивается.

Для моторных масел характерно также загрязнение пылью, попадающей с засасываемым для горения топлива воздухом, а часто и с топливом. Количество механических примесей возрастает и за счет накопления металлов, снимаемых с поверхностей трения в процессе работы. Эти абразивные примеси резко увеличивают износ деталей. Основная часть их задерживается фильтрами двигателя, но наиболее мелкие длительное время циркулируют по системе смазки.

В работавших маслах всегда накапливается вода. Больше всего ее попадает из камеры сгорания с прорывающимися газами, т.к. при сгорании 1 кг топлива образуется около 1,2...1,4 кг водяных паров. Помимо того, вода иногда проникает в картер двигателя через неплотности в системе водяного охлаждения, конденсируется из воздуха при резком снижении температуры. Накопление воды в масле повышает коррозионность и ухудшает смазывающие свойства. В работавших маслах могут быть обнаружены серная и сернистая кислота, образующиеся при сгорании серы в топливе, которые резко увеличивают коррозионный износ.

При работе двигателя введенные в масло присадки срабатываются. Скорость процесса зависит от типа и теплонапряженности двигателя, его технического состояния, условий эксплуатации, качества используемого топлива и многих других факторов. Прежде всего присадки расходуются на выполнение основных функций, а образующиеся вещества задерживаются маслоподогревающими устройствами. Кроме того, в процессе работы масло угорает, вместе с ним теряется и часть присадки. В результате срабатывания присадок снижается щелочное число, ухудшаются моющие свойства, повышается коррозионность и др.

На изменение свойств масел существенное влияние оказывает техническое состояние двигателей. Скорость старения значительно выше при работе изношенных двигателей, когда увеличен прорыв газов в картер и повышенна температура деталей, а также при работе трактора, автомобиля с перегрузкой.

В результате старения и загрязнения масло темнеет, в нем увеличивается содержание механических примесей. При использовании в двигателе масла с большим количеством продуктов загрязнения быстро образуются нагары и лаки. Постепенное накопление высокотемпературных отложений в поршневых канавках в конечном итоге приводит к залеганию, а затем и пригоранию колец. При этом увеличивается прорыв газов в картер, растут расход масла и износ цилиндропоршневой группы, снижаются мощность и экономичность. Нагары и лаки плохо проводят теплоту, поэтому при их накоплении двигатель перегревается, а это, в свою очередь, вызывает ускорение процессов окисления.

Несмотря на глубокое изменение качества при работе масла в двигателях, основной его углеводородный состав меняется незначительно. Если из масла удалить все механические примеси и продукты окисления, общее количество которых обычно не превышает 4...6 %, то вновь можно получить базовое масло хорошего качества. Именно на этом принципе основаны регенерация и повторное использование масел, позволяющие при правильной организации значительно сократить расход моторных масел.

*Отработанное масло* – техническое масло, проработавшее срок или утратившее в процессе эксплуатации качество, установленное в нормативной документации, и слитое из рабочей системы.

*Регенерированные масла* – технические масла, получаемые очисткой отработанного масла физическими, химическими и физико-химическими методами, с эксплуатационными свойствами, восстановленными до требований нормативной документации.

На основании результатов обобщения стендовых и эксплуатационных испытаний различных двигателей и автотракторной техники установлены следующие показатели предельного состояния качества моторных масел (таблица 4.1). Указанные показатели являются браковочными: при достижении хотя бы одного из них масло непригодно к использованию и требует замены.

Таблица 4.1 Показатели предельного состояния качества масел

Показатели	Масла для карбюраторных двигателей	Масла для дизелей
Изменение вязкости, %		
увеличение	25	40
снижение	20	30
Содержание нерастворимого осадка, %, более	1,0	3,0
Щелочное число, мг КОН/г, менее	0,5...2,0	1,0...3,0
Снижение температуры вспышки, С, более	20	20
Содержание, %, более		
топлива	0,8	0,8
воды	0,5	0,3

При работе двигателя качество масла постепенно ухудшается, и через некоторое время его необходимо заменять. Повсеместно принята регламентная система технического обслужи-

живания машин, в соответствии с которой моторные масла заменяют через определенное количество пройденных километров (автомобили) или число отработанных моточасов (тракторы, строительные, мелиоративные машины).

Вопросы увеличения сроков смены масел чрезвычайно актуальны, т. к. при каждой смене из системы смазки сливают 10...14 кг масла (в зависимости от типа двигателя). Естественно, что чем реже это делать, тем меньше будет расход. Несколько лет назад масла в тракторных дизелях меняли через 120 ч работы. Сейчас, несмотря на значительное повышение теплонапряженности двигателей, а значит, и ужесточение условий работы масел, их, как правило, меняют через 500 ч. Такое увеличение стало возможным благодаря внедрению моторных масел групп В и Г, а также широкому применению топлива с невысоким содержанием серы.

Не менее важен и другой способ увеличения сроков смены масел - улучшение степени их очистки в двигателях. Практически на всех современных дизелях устанавливают полнопоточные реактивные маслоочистители (центрифуги). Их применение по сравнению с фильтрами тонкой и грубой очистки позволило значительно улучшить качество очистки, но и центрифуги не могут полностью задерживать все продукты старения и загрязнения. Если размер частиц меньше 3 мкм, то они не задерживаются, а циркулируют по системе смазки. Мелкие абразивные примеси повышают интенсивность изнашивания, а органические - нагарообразования. По этой причине сейчас вновь наметилась тенденция применения бумажных полнопоточных масляных фильтров, повышающих качество очистки. При использовании эффективных систем очистки и высококачественных масел реальным станет сезонный срок их службы, т. е. менять их нужно будет только при переходе с зимней эксплуатации на летнюю и наоборот.

И, наконец, срок службы масел можно увеличить, если усовершенствовать конструкцию системы смазки двигателей. В частности, на Владимирском тракторном заводе разработана конструкция двигателей с замкнутой системой смазки. В картер сразу заливают количество масла, достаточное для работы двигателя в течение сезона. В этом случае снижается скорость окисления, значительно медленнее срабатываются присадки, сокращается загрязнение масла.

Комплекс проведенных мероприятий, обеспечивших повышение сроков смены моторных масел, позволил в масштабах страны получить значительную экономию за счет существенного сокращения расхода дефицитных нефтепродуктов и снижения затрат на техническое обслуживание. Однако дальнейшее повышение сроков смены становится малоэффективным без значительного сокращения расхода масла в двигателе на угар.

За счет совершенствования конструкции цилиндропоршневой группы, системы смазки, улучшения материалов и технологии изготовления поршневых колец в выпускаемых промышленностью тракторных и комбайновых дизелях угар масла снижен до 0,6... 0,7 % к расходу топлива. Предусмотрено его дальнейшее уменьшение до 0,4... 0,5 %.

Работоспособность моторных масел в значительной степени зависит от емкости картера. При малом удельном (на единицу мощности двигателя) количестве масла ускоряются процессы его старения, увеличивается скорость нагарообразования и износа. Если емкость картера завышена, то нерационально расходуется большое количество масла, сливающегося при смене. В дизелях отечественных тракторов количество масла, приходящегося на единицу мощности, постоянно уменьшается. Одновременно со снижением угаря дальнейшее уменьшение емкости системы смазки и улучшение качества масла позволят значительно сократить расход смазочных материалов, снизить стоимость эксплуатации.

Только около 55 % моторных масел используют непосредственно в двигателях, значительное же их количество (до 30 %) применяют в гидросистемах рулевого и навесного оборудования, примерно 15 % — в трансмиссиях. Использование моторных масел только по прямому назначению сразу позволит резко сократить его расход.

## Базовые масла

### *Минеральные масла*

Хорошее минеральное масло является надежным сырьем смазочных масел. Оно обладает стабильными свойствами, в частности стабильной растворимостью присадок, эффективностью их действия, а также меньше изнашивает прокладки и сальники, особенно старого образца (т.н. сальниковые набивки). В нормальных эксплуатационных условиях смазочные свойства минеральных масел вполне достаточны при условии выбора подходящей вязкости. Однако на базе минерального масла трудно, а иногда и невозможно разработать смазочный материал, обладающий отличными свойствами при низких температурах и в то же время сохраняющий достаточно высокие смазочные свойства и при высоких эксплуатационных температурах.

### *Частично синтетические масла*

Свойства минеральных масел можно улучшать заменой части минерального масла на синтетические компоненты. Таким образом, можно производить обладающие хорошими свойствами при низких температурах, круглогодичные масла SAE 5W-XX, которые трудно производить на базе одного только минерального масла.

### *Синтетические масла*

С помощью синтетических базовых масел можно улучшить свойства смазочных материалов. Однако само по себе применение синтетического базового масла не всегда гарантирует высокие свойства, для обеспечения хорошего качества требуется очень внимательный подбор компонентов и оптимизация их смеси. Поэтому возможна весьма большая разница в стоимости "однотипных" синтетических масел. Синтетические масла позволяют достичь следующих свойств: Отличные свойства при низких температурах, в т.ч. легкий запуск двигателя и смазка в холодных условиях; Отличные свойства при высоких температурах, в частности, стабильность против окисления, низкая летучесть и расход масла.

## **2. Характеристика образца по внешним признакам:**

### *Определение механических примесей*

Механические примеси недопустимы как в топливах, так и маслах, так как они вызывают интенсивный износ трущихся деталей. Свежие нефтепродукты непосредственно после их получения не содержат абразивных механических примесей, но по пути следования от завода-изготовителя к потребителю они часто засоряются.

В топливах, особенно маловязких бензинах, керосинах, случайно попавшие механические примеси быстро осаждаются. В дизельных топливах и особенно в маслах осаждение происходит очень медленно, и мелкие частицы пыли — кварца могут длительное время находиться во взвешенном состоянии в нефтепродукте.

Механические примеси могут быть обнаружены осмотром образца, отстоем, пробой на стекло, на фильтровальную бумагу.

### *Оборудование:*

- образец испытуемого масла;
- два отрезка чистого сухого стекла размером 100x150 мм;
- профильрованный неэтилированный бензин;
- вытяжной шкаф;
- пробирка;
- искусственный источник света;
- лупа 2-, 3- кратного увеличения;
- бумажный фильтр;
- химический стакан из термостойкого стекла высотой 100 мм.

### *Порядок выполнения работы:*

**Первый** и самый простой заключается в просмотре на свету тонкого слоя масла, нанесенного на стекло. Муть, потеки и крупинки укажут на присутствие в масле механических примесей. При их отсутствии слой масла будет выглядеть совершенно прозрачным.

**Второй способ.** Масло взбалтывают и подогревают до 40-50 °С. Затем 25-50 мл масла смешивают с двух-, четырех-, кратным количеством профильтрованного бензина. Раствор фильтруют через бумажный фильтр, после чего просматривают фильтр через увеличительное стекло. Темные точки и крупинки на фильтре указывают на присутствие в масле механических примесей.

**Третий способ.** Масло в количестве 50-100 мл разбавляют в химическом стакане двух-, трехкратным количеством бензина. Смесь перемешивают и дают отстояться в течение 5-10 мин. Затем смеси придают вращательное движение. При наличии примесей они соберутся в центре на дне стакана. Для обнаружения примесей стакан просматривают на свету, проходящем снизу вверх. Если при осмотре смеси в проходящем снизу вверх свете на дне стакана примеси не обнаруживаются, то следует считать, что они в анализируемом образце масла отсутствуют.

Определить характер примесей (абразивные они или нет) можно таким образом. Нанесенную на стекло каплю, масла закрывают вторым стеклом и сдвигают их одно относительно другого. Если в образце есть абразивные примеси, слышится характерный скрип.

### **3. Определение плотности масла:**

#### *Оборудование:*

- образец испытуемого масла;
- профильтрованный неэтилированный бензин;
- вытяжной шкаф;
- пробирка;
- мерные цилиндры;
- набор ареометров (нефтеденситометров).

#### *Порядок выполнения работы*

Для определения плотности моторного масла его разбавляют точно равным объемом растворителя (бензин, керосин, дизельное топливо), плотность которого также необходимо определить. Затем смесь тщательно перемешивают и определяют плотность обычным способом (см. лабораторную работу № 2). Из полученного удвоенного значения плотности вычитается плотность растворителя, входящего в смесь. Разница является искомой плотностью исследуемого масла, т.е.

$$\rho_4^{20} \text{ масла} = 2 \rho_4^{20} \text{ смеси} - \rho_4^{20} \text{ растворителя} \quad (4.2)$$

### **4. Определение содержания воды в масле:**

Вода в нефтепродуктах, в том числе и в маслах, может присутствовать как в растворенном состоянии, так и в виде компонента механической смеси. Содержание воды в растворенном состоянии очень незначительно и составляет обычно тысячные доли процента.

Вода в масла попадает в тех случаях, когда не соблюдаются правила их транспортирования и хранения.

Присутствие воды в масле вызывает осадкообразование, усиливает коррозию металла, приводит к вспениванию масла и снижает его смазывающие свойства, уменьшает содержание присадки за счет ее разложения и осаждения.

Особенно опасно присутствие воды в масле в зимнее время, так как она выпадает в виде мелких кристаллов.

Обводненное масло без предварительного удаления воды применять не разрешается.

Несмотря на то, что содержание воды в свежих маслах по ГОСТу не допускается, в процессе работы в двигателе масло может обводниться. Накопившаяся вода способствует образованию в масле водных эмульсий, кислот и приводит к отложению в картере и на деталях двигателя рыхлых и клейких осадков, которые забивают сетки маслоприемника, масляные трубы и каналы, вызывает неисправности в работе клапанов смазочной системы и другие неполадки.

Присутствие воды в масле можно определить качественно довольно простыми методами: отстаиванием, пробами на прозрачность, на потрескивание с помощью нагрева и т.п.

#### *Оборудование:*

- образец испытуемого масла;
- профильтрованный неэтилированный бензин;
- вытяжной шкаф;
- пробирка;
- искусственный источник света;
- глицерин;
- термометр до 200 °C;
- электроплитка;
- химический стакан из термостойкого стекла высотой 100 мм.

#### *Порядок выполнения работы*

**Первый способ:** наличие воды в масле определяют по ГОСТу 1547—84. Смысл определения заключается в нагреве масла, помещенного в пробирку, до температуры 130 °C. При наличии воды масло начнет пениться, будет слышен треск, а слой масла на стенках пробирки помутнеет.

**Второй способ** с использованием портативной лаборатории анализа масла и топлива ПЛАМ-3 (рисунок 4.2) предназначенной для определения *пара-*



Рисунок 4.2 Расположение приборов и реагентов в кейсе

1 - фильтры для капельной пробы; 2 - манометр ММТ-3; 3 – крышка для манометра ММГ-3; 4 - вискозиметр ВЦ; 5 - прибор ИВМ в сборе; 6 - стакан для анализа щелочного числа; 7 - реагент А. 8 - реагент Б

метров рабочих масел: вязкости, содержания воды, щелочного и кислотного числа, плотности, загрязненности, окисления и диспергирующей способности; параметров топлива: вязкости, содержания воды и плотности.

Определение содержания воды в масле или топливе производится при помощи «Индикатора воды в масле или топливе (ИВМ)», изготовленного по патентам России №№ 1428998 и 2004906.

Диапазон определения воды в маслах и топливах в основном режиме от 0 до 3%; в специальном режиме - до 15%.

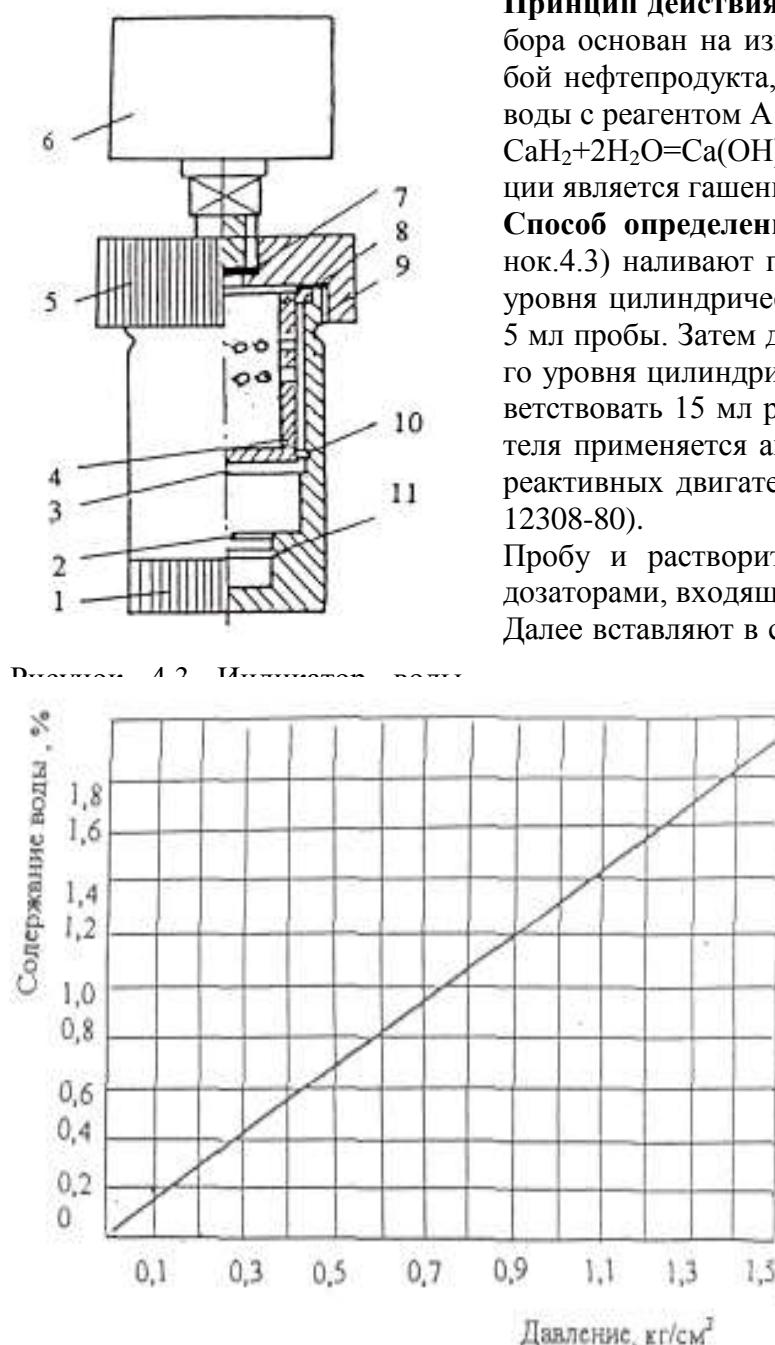


Рисунок 4.4 График зависимости давления в приборе от содержания воды в масле или топливе

Если чувствительности манометра не хватает (стрелка манометра практически не стронулась) необходимо перейти на крышку с манометром ММТ-3 установить манометр на ноль и повторить анализ, используя

**Принцип действия прибора.** Принцип действия прибора основан на измерении давления в сосуде с пробой нефтепродукта, которое повышается при реакции воды с реагентом А ( $\text{CH}_2$ ) за счет выделения водорода:  $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2 \uparrow$ . Вторым продуктом реакции является гашеная известь  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ .

**Способ определения.** В сосуд 1 индикатора (рисунок 4.3) наливают пробу масла (топлива) до верхнего уровня цилиндрической выточки 2, что соответствует 5 мл пробы. Затем добавляют растворитель до верхнего уровня цилиндрической выточки 3, что будет соответствовать 15 мл растворителя. В качестве растворителя применяется авиационный керосин (топливо для реактивных двигателей по ГОСТ 10227-62 или ГОСТ 12308-80).

Пробу и растворитель можно наливать шприцами-дозаторами, входящими в состав лаборатории.

Далее вставляют в сосуд 1 перфорированный цилиндр 4, в который предварительно насыпают половину ампулы реагента А (в ампуле содержится  $\sim 2,0$  г реагента). Закрывают сосуд 1 крышкой 5 с манометром 6. При этом из сосуда 1 через прорезь 9 выходит часть воздуха (необходимо обратить внимание на наличие в приборе прокладок 7 и 8). Затем в течение двух минут покачивают индикатор на 80 гр. в обе стороны от вертикальной оси (при этом нельзя доводить прибор до горизонтального положения).

Через 15 минут снимают показания с манометра и по графику рисунок 4.4 определяют процентное содержание воды в масле (топливе).

Если чувствительности манометра

зуя для определения процентного содержания воды в масле (топливе) график на рисунок 4.5.

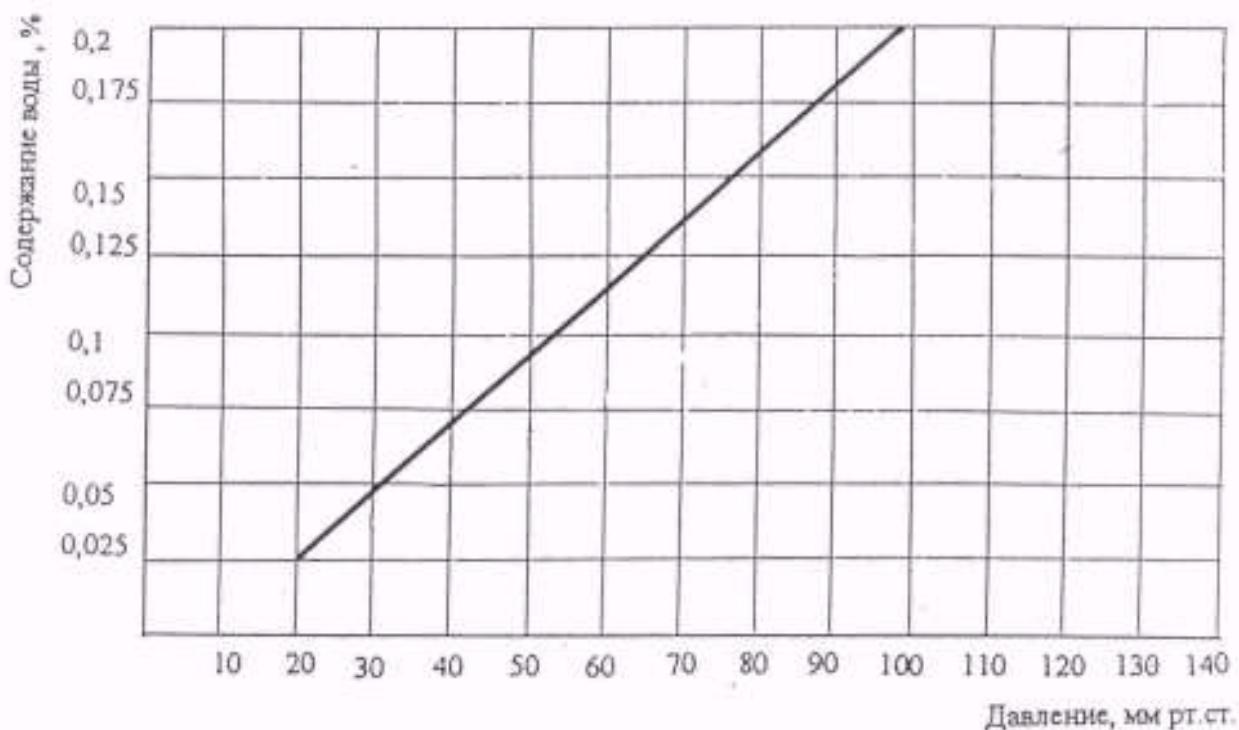


Рисунок 4.5 График зависимости давления в приборе от содержания воды в масле или топливе при использовании манометра ММП-3

Если содержание воды в нефтепродукте больше 1,5%, то опыт прекращают, в прибор заливают 2,5 мл испытуемого масла (топлива) до кольцевой проточки 11 и 17,5 мл растворителя - до верхнего уровня выточки 3 сосуда. Далее повторяют определение и показания, полученные по графику (рисунок 4.4), умножают на 2.

Возможно определение воды в нефтепродукте при содержании в нем воды более 3% (специальный режим). Для этого в сосуд 1 заливают 1 мл нефтепродукта и 19 мл растворителя. Полученные показания по графику (рисунок 4.4) умножают на 5.

После проведения анализа необходимо промыть прибор дизельным топливом, затем водой с небольшим количеством ПАВ и просушить.

Реагент. Реагент А представляет порошок гидрида кальция  $\text{CaH}_2$  прошедшего специальный помол и расфасованного в ампулы по 1,9 г, которые закрыты пробками и залиты парафином. В помоле частицы от 1 до 5 мкм составляют 75%.

## 5. Определение общего щелочного числа:

Щелочное число является одним из важнейших оценочных показателей качества моторных масел. Значение щелочного числа масел обусловливается содержанием в них моющих и диспергирующих присадок, обладающих щелочными свойствами и препятствующих отложению смолисто-асфальтовых веществ, карбенов и карбоидов на деталях кривошипно-шатунного механизма и особенно на деталях цилиндропоршневой группы двигателей в виде лаков и нагаров.

Чем выше концентрация присадки в масле (щелочное число), тем меньше нагарообразование в двигателе. Однако концентрация присадки в масле во время работы двигателя постепенно снижается (срабатывается) и защитные свойства масла ухудшаются.

За общее щелочное число принимают количество гидроксида калия  $\text{KOH}$  (мг), эквивалентное количеству соляной кислоты  $\text{HCl}$ , израсходованной на нейтрализацию всех основных соединений, содержащихся в 1 г анализируемого масла.

За щелочное число сильных оснований принимают количество гидроксида калия KOH (мг), эквивалентное количеству соляной кислоты HCl, израсходованной на нейтрализацию сильных оснований, содержащихся в 1 г анализируемого масла.

#### Порядок выполнения работы

Определение общего щелочного числа масла производится при помощи «Индикатора щелочного числа» (ИЩЧ), изготовленного по патентам России №№ 1428998 и 2004906.

Диапазон определения щелочного числа от 0.7 до 70 мгKOH/г масла.

**Принцип действия прибора.** Принцип действия прибора основан на измерении давления в сосуде с пробой масла, которое повышается вследствие реакции присадок к маслу с реагентом Б за счет выделения газа ( $\text{CO}_2$ ).

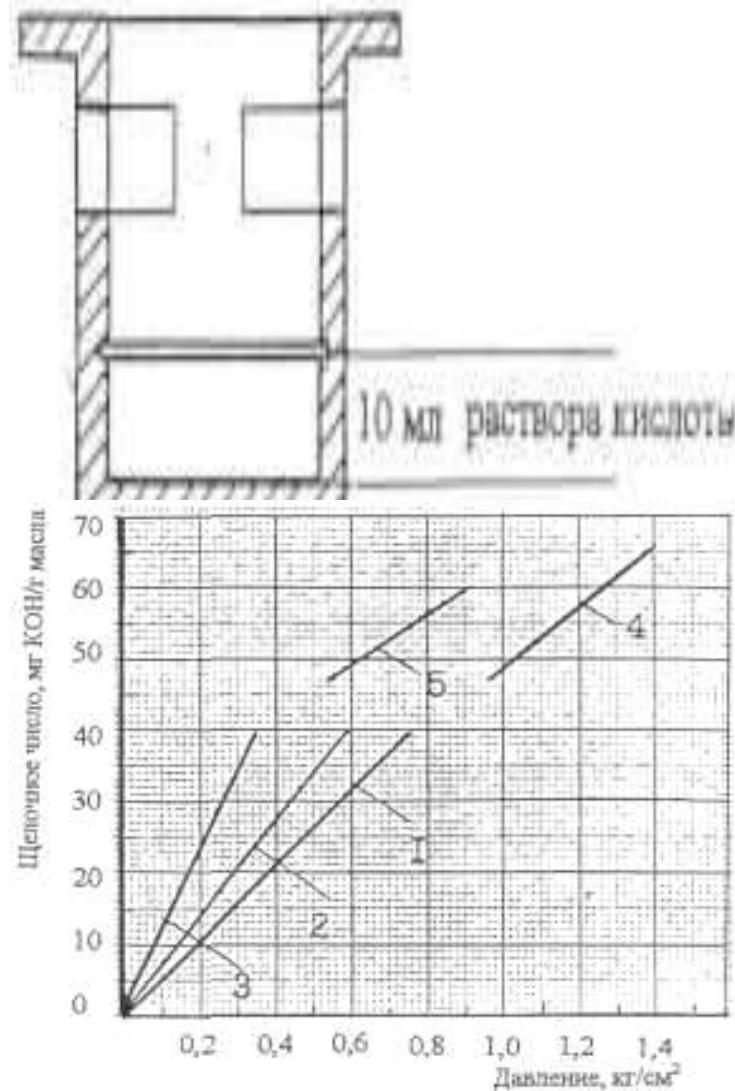


Рисунок 4.7 График зависимости щелочного числа масла от давления в приборе

- 1 - отечественные масла М2ОГ2Ф, М10В2С, М14Г2ЦС;
- 2 - зарубежные масла; отечественные масла М10ДЦЛ20, М10Г2ЦС;
- 3- масла Mobil ADL серии 24-42;
- 4- высокощелочные масла;
- 5- высокощелочные масла Mobil.

**Способ определения.** В сосуд индикатора ИМВ наливают часть пробы масла (5 мл), затем добавляют растворитель (15 мл) и доливают еще 5 мл масла.

В качестве растворителя применяется авиационный керосин (топливо для реактивных двигателей по ГОСТ 10227-62 или ГОСТ 12308-80). Далее в сосуд вставляют стакан, предназначенный для ИЩЧ (рисунок 4.6), в который наливают 10 мл реагента Б. Закрывают сосуд крышкой с манометром 6 (рисунок 4.3) и в течение 2 минут покачивают индикатор на 80 гр. в обе стороны от вертикальной оси. Через 2 минуты снимают показания с манометра и по графику (рисунки 4.7-4.9) определяют щелочное число в пробе масла (мгKOH/г масла).

Для определения малых значений щелочного числа (до 12 мг мгKOH/г масла) используется манометр ММТ-3 (0-300 мм рт.ст.). соединенный с крышкой резиновой трубкой. В этом случае перед покачиванием установить манометр на ноль.

Тарировочные графики (рисунки 4.7-4.9) могут уточняться для конкретных масел путем параллельного определения давления в сосуде и общего щелочного числа (последнее определяется по ГОСТ 11362-96).

После проведения анализа необходимо промыть прибор дизельным топливом, затем водой с небольшим количеством ПАВ и

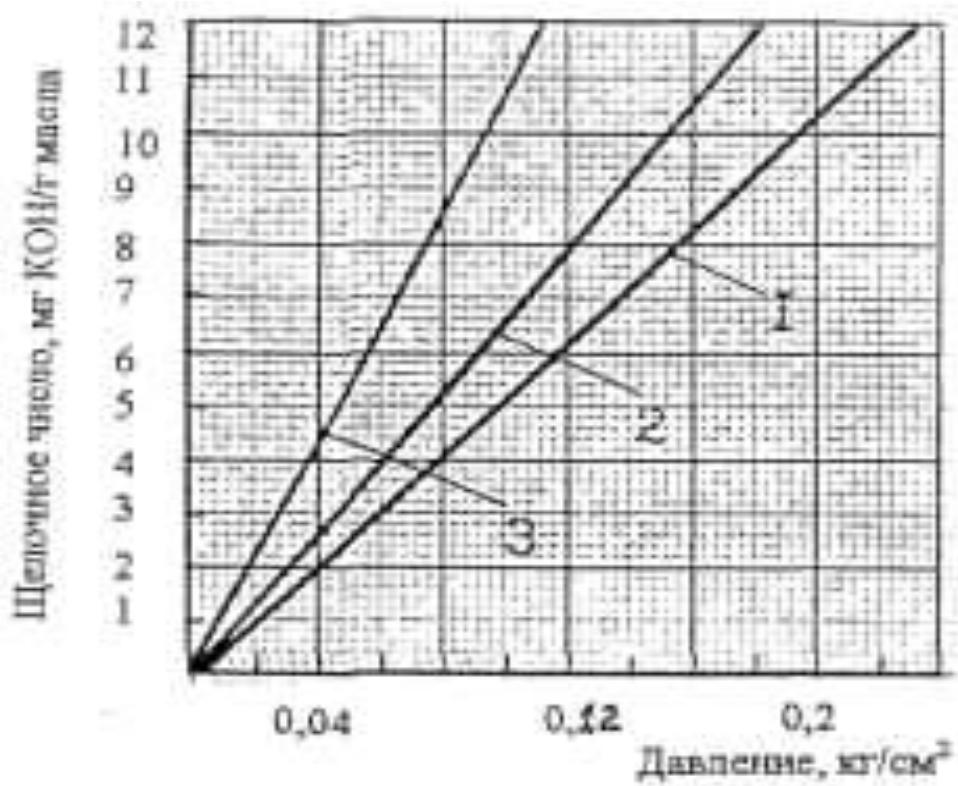


Рисунок 4.8 График зависимости щелочного числа от давления в приборе для малощелочных масел (обозначения по рисунок 4.7)

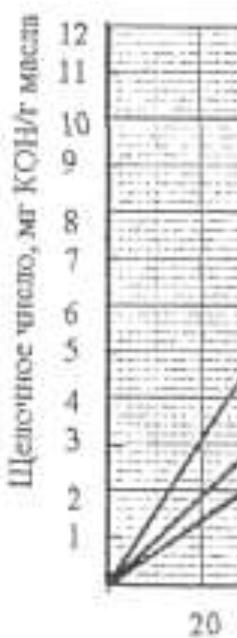


Рисунок 4.9  
График зависимости щелочного числа от давления в приборе для малощелочных масел (манометр ММТ-3), обозначения по рисунок 4.5)

просушить.

**Реагент.** Реагент Б представляет собой насыщенный раствор щавелевой кислоты  $C_2H_2O_4$  марки «Ч» в гидролизном спирте (35 г кислоты на 100 мл спирта).

## 6. Определение кинематической вязкости:

Вязкость смазочных материалов, особенно характер ее изменения с изменением температуры играет исключительную роль при подборе масла.

В двигателях внутреннего сгорания масла работают в диапазоне широких температур. Необходимо, чтобы при различных температурах, скоростях, нагрузках обеспечивалось жидкостное трение.

Чтобы масло могло выполнять эту сложную функцию, нужно, чтобы при рабочих температурах оно обладало достаточной вязкостью, обеспечивающей надежность масляного слоя, а при пониженных температурах имело бы хорошую подвижность и возможно меньшую вязкость.

Рабочей температурой в двигателях внутреннего сгорания принимают 100°, поэтому марки масел для них устанавливаются по кинематической вязкости при 100°.

Вязкость моторных масел измеряют в следующих единицах:

-кинематическая вязкость  $v$  - 1  $\text{мм}^2/\text{с}$ =1 сСт (сантистокс);

-динамическая вязкость  $\eta$  - 1  $\text{Па}\cdot\text{с}$ =10 П (Пуаз); 1  $\text{МПа}\cdot\text{с}$ =1 сП (сантипуаз).

На вязкость моторных масел существенно влияет температура. При ее снижении вязкость резко увеличивается. Так, в интервале температур от 100 до 0 °C вязкость различных масел может возрастать в 300 раз и более.

*Вязкостные свойства.* Под вязкостными свойствами понимают такие свойства смазочных масел, которые характеризуют их вязкость в заданных условиях работы и зависимость вязкости от температуры, давления и приложенного напряжения сдвига.

С уменьшением вязкости масла при прочих равных условиях, с одной стороны, облегчается работа машины или механизма при низких температурах, снижаются потери мощности на трение, и сокращается расход топлива. С другой стороны, снижение вязкости способствует износу трущихся пар и повышает вероятность вытекания масла через уплотнительные материалы, что может привести к «масляному голоданию» узла трения и выходу его из строя.

Вязкостью называют свойство жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению ее слоев под действием внешней силы..

По характеру изменения вязкости различают несколько типов масел, которые подразделяют на ньютоновские и неニュтоновские жидкости. К ньютоновским жидкостям относят те масла, вязкость которых не зависит от приложенного напряжения. Неньютоновскими жидкостями считают такие масла, вязкость которых зависит от приложенного напряжения. Как правило, с увеличением приложенного напряжения вязкость масел снижается, а после его снятия восстанавливается практически до начального значения (эффект временной потери вязкости).

Вязкость масел заметно меняется с температурой. С понижением температуры вязкость масла возрастает. Высокая вязкость масла затрудняет пуск или начало движения машины или механизма.

Высокая вязкость смазочных масел и потеря их подвижности, определяемая температурой застывания, отражается на надежности работы машин и механизмов, особенно в момент пуска, и на сопротивлении вращению сопряженных узлов и деталей, разделенных слоем смазки.

При выборе масла, как правило, стремятся к тому, чтобы изменение его вязкости в заданном диапазоне температур было бы незначительным - пологая вязкостно-температурная кривая. Это облегчает эксплуатацию техники при низких температурах и одновременно обеспечивает надежную смазку узла трения при высоких (рабочих) температурах.

Одним из важных свойств масел, характеризующих их эксплуатационные свойства, является степень изменения вязкости масел в зависимости от температуры, которая обычно определяется или отношением вязкости при двух крайних температурах  $v_{\min} / v_{\max}$ , или по индексу вязкости.

Расчет индекса вязкости производится на основе ГОСТа 25371—97 и согласно его определению индекс вязкости (ИВ) - это расчетная величина, которая характеризует изменение вязкости нефтепродуктов в зависимости от температуры.

На рисунке 4.10 показано изменение вязкости двух моторных масел в зависимости от температуры.

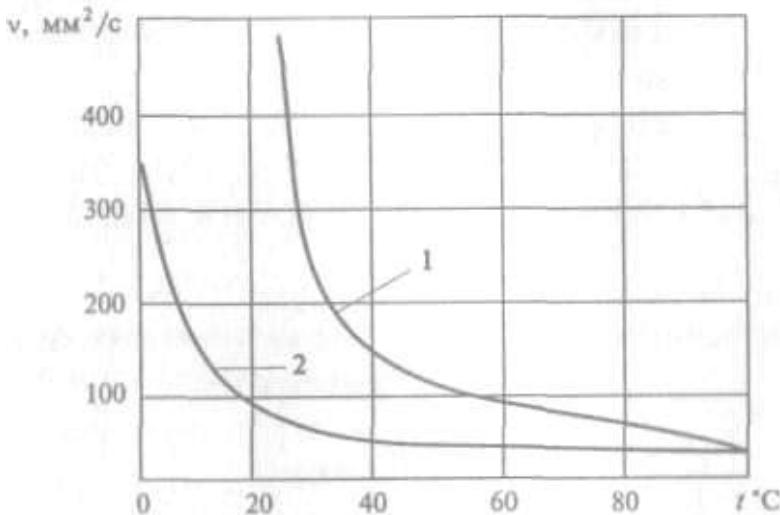


Рисунок 4.10. Влияние температуры на вязкость масла:  
1 - крутая вязкостно-температурная характеристика;  
2 - пологая вязкостно-температурная характеристика.

кривой, и его индекс вязкости считают равным 0.

Вязкостно-температурная кривая испытуемого масла будет располагаться между кривыми эталонных масел и по ее положению судят об индексе вязкости. Практически индекс вязкости согласно ГОСТу 25371-97 определяют расчетным путем. Если ожидаемый индекс вязкости находится в пределах от 0 до 100, то его рассчитывают как отношение вязкостей, определяемых при 40 °C и 100 °C по формуле 4.2:

$$IVB = \frac{Z - \nu}{Z - N} \cdot 100; \quad (4.2)$$

где  $Z$ ,  $\nu$ ,  $N$  - кинематическая вязкость соответственно низкосортного эталонного, испытуемого, высокосортного эталонного масел при 40 °C, с Сейболта.

Если индекс вязкости будет величиной более 100, то его находят по формулам с использованием логарифмов и таблицы ГОСТа.

Более простой способ определения индекса вязкости масла (но менее точный) заключается в использовании номограммы (рисунок 4.11) на основе значений кинематической вязкости масла при 100 °C и 50 °C.

Значение индекса вязкости порядка 90-100 и выше характеризуют хорошие, а ниже 50-60 - плохие вязкостно-температурные свойства масла.

Для летних масел индекс вязкости, как правило, не превышает 90, а для зимних и всесезонных (загущенных) он составляет 95-125 и выше. При определенной температуре масло вообще теряет подвижность. Эта температура называется температурой застывания масла. Для моторных масел температура застывания, как правило, составляет: -15 °C - для летних, -25...-30 °C - для зимних, -35...-45 °C - для загущенных.

отношение вязкости при 50 °C к вязкости при 100 °C для автомобильных масел равно 4...9. Чем меньше отношение, тем лучше вязкостно-температурные свойства масла.

Оценка по индексу вязкости основана на сравнении вязкостно-температурных свойств испытуемого и двух эталонных масел. Одно эталонное масло имеет пологую вязкостно-температурную кривую, и его индекс вязкости принят за 100 единиц; другое – обладает крутой вязкостно-температурной

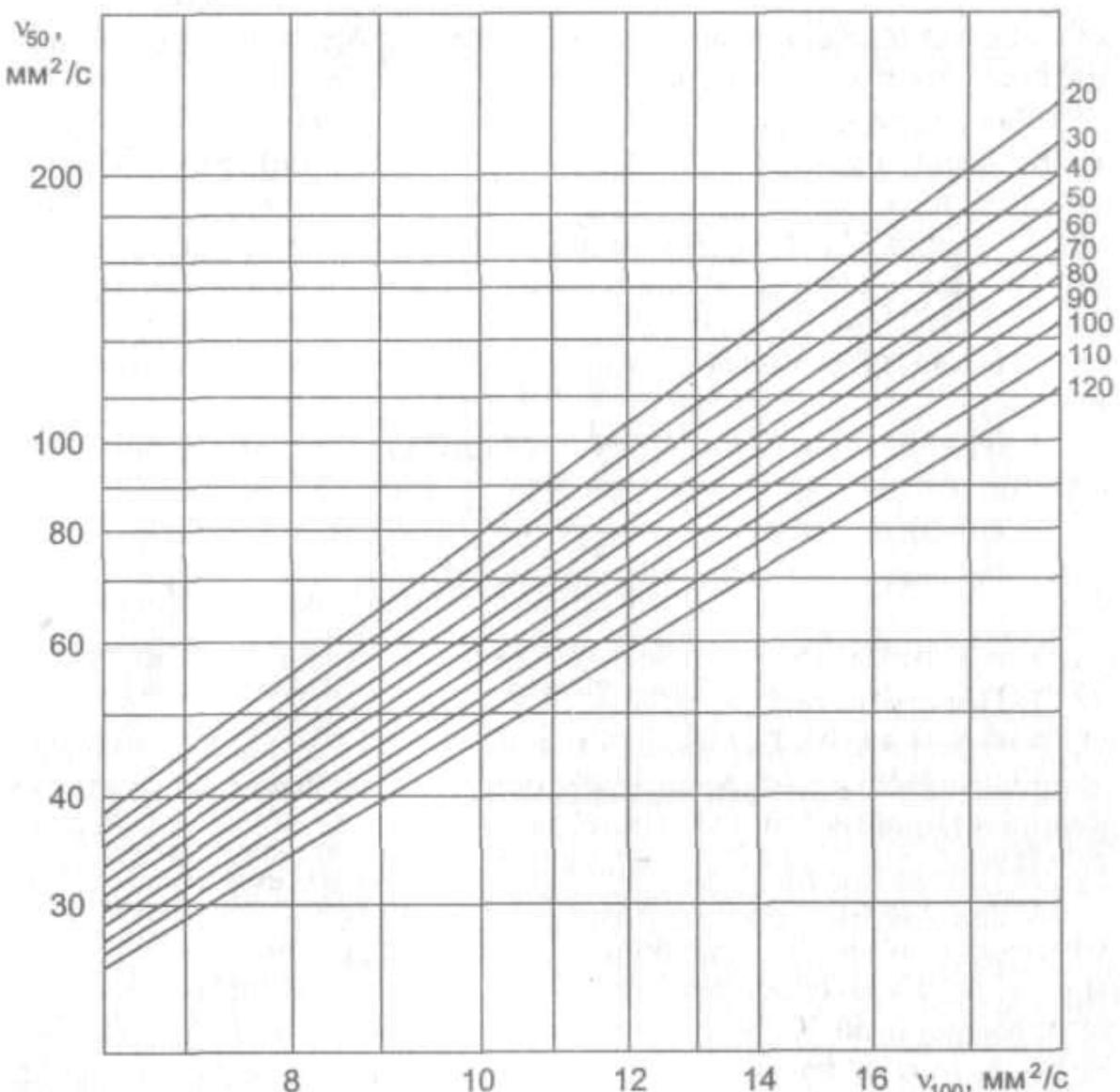


Рисунок 4.11. Номограмма определения индекса вязкости масла

Вязкостно-температурные свойства в первую очередь определяют выбор моторного масла для конкретного типа двигателя и условий его эксплуатации. При предельно высоких рабочих температурах в двигателе вязкость масла должна быть достаточной, чтобы обеспечить надежную смазку и работу узлов трения, низкий износ деталей, эффективное уплотнение сопряжений, малый прорыв картерных газов и расход масла на угар. При отрицательных температурах масло должно иметь относительно низкую вязкость, обеспечивающую эффективный пуск двигателя, своевременную подачу масла к парам трения и т.д.

Однако для обычных (незагущенных) минеральных масел - это трудносочетаемые требования. Поэтому масла с вязкостью 6...8  $\text{мм}^2/\text{с}$  при 100 °C применяют в зимний период, а более вязкие (10...14  $\text{мм}^2/\text{с}$  при 100 °C) - в летний.

В настоящее время находят широкое применение всесезонные моторные масла, для которых при высоких температурах характерны значения вязкости летних образцов, а при отрицательных температурах -зимних.

#### Оборудование:

- термостат для измерения вязкости жидкостей «ВИСТ»
- секундомер;
- набор вискозиметров;
- химические стаканы;

- дистиллированная вода, глицерин;
- колба;
- водяная баня.
- номограмма для определения индекса вязкости.

*Порядок выполнения работы:*

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 3. Однако в связи с тем, что масла имеют большую вязкость, чем топлива, их следует предварительно подогревать до температуры 40-50 °С, опуская колбу с маслом в водяную баню.

*Индекс вязкости.*

1. По полученному значению кинематической вязкости при 100 °С на номограмме (рисунок 4.11) провести вертикальную линию от горизонтальной оси.
2. По полученному значению кинематической вязкости при 50 °С на номограмме провести горизонтальную линию от вертикальной оси.
3. По точке пересечения линий найти индекс вязкости масла.

**7. Определение загрязненности и окисления масла по «капельной пробе»:**

Дополнительно целесообразно проведение капельной пробы, которая предназначена для ориентировочной оценки загрязненности масла нерастворимыми продуктами и способности масел их диспергировать. Сущность метода заключается в нанесении капли масла на фильтровальную бумагу и оценке характера полученной хроматограммы.

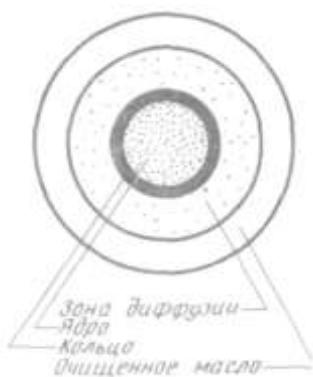


Рисунок 4.12. Метод капельной пробы

На хроматограмме различают три зоны (рисунок 4.12). В центре пятна расположено ядро, занимающее площадь, на которой масло растекалось по поверхности бумаги. Ядро окружено се-рой или черной зоной диффузии, очерченной нерастворимыми в масле продуктами. За пределы зоны диффузии растекается чистое масло, которое окрашивает бумагу в желтый или коричневый цвет.

«Капельная проба» представляет собой масляные пятна на хроматографической бумаге для визуальной оценки загрязненности масла и его окисления.

В качестве хроматографической бумаги используют фильтры «Красная лента» или «Белая лента».

*Методика проведения анализа.* Для нанесения капель используют проволоку диаметром 2-3мм, с отметкой 30мм обозначающей глубину погружения в пробу масла.

Бумагу помещают на специальную подставку, предотвращающую прикосновение пятна на бумаге с поверхностью (для этого можно использовать стакан ИВМ). После тщательного перемешивания пробы в пробоотборнике в пробу опускают проволоку до отметки. На бумагу наносят пятую-седьмую каплю (первым каплям дают стечь в пробу).

Проба впитывается в бумагу в течение одного часа.

Оценка пятна производится в период от 1 до 6 часов после нанесения пробы, по эталонам, представленным на рисунок 4.13 (по мере высыхания пробы).

**Оценка загрязненности**

малощелочное масло

среднешелочное  
масло

**Оценка окисления**

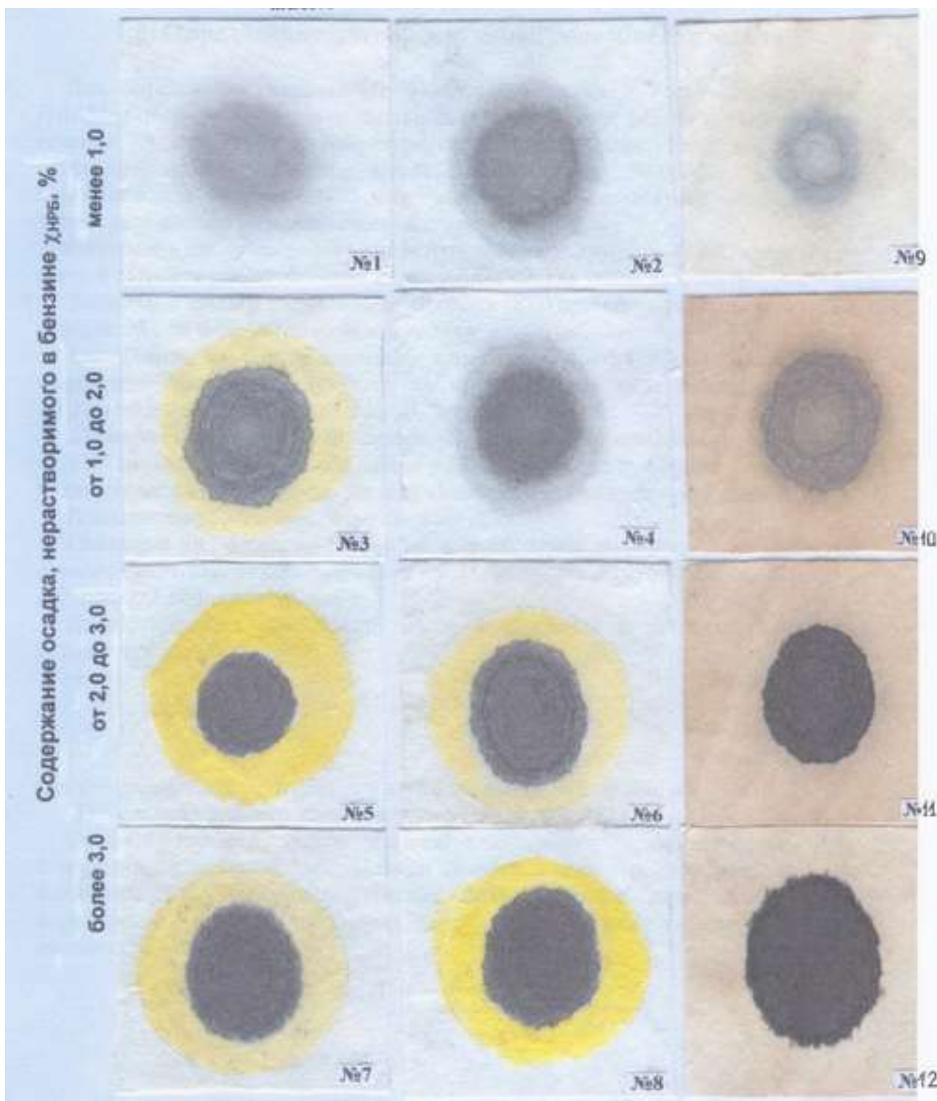


Рисунок 4.13 Эталоны капельной пробы

№ 11 и 12 свидетельствуют о недопустимом окислении масла.

Перед нанесением пробы фильтр разбивают на четыре сектора. Около каждой пробы записывают дату и объект, откуда отобрана пробы.

#### 8. Определение кислотного числа масла:

Нефть и получаемые из нее нефтепродукты могут содержать органические соединения кислого характера, которые состоят главным образом из нафтеновых кислот (производные нафтеновых углеводородов, содержащие группу  $\text{COOH}$ ); в незначительных количествах могут также содержаться карбоновые кислоты, фенолы, асфальтогеновые кислоты. Присутствие в нефтепродуктах любых органических кислот нежелательно, и их удаляют при очистке. В зависимости от качества исходной нефти и глубины очистки содержание кислот в маслах бывает разное: от 0,05 мг на 1 г масла для глубокоочищенных трансформаторных и турбинных масел до 0,35 мг/г для высоковязких автолов. Количество органических кислот оценивается кислотным числом, которым называется количество миллиграммов щелочи  $\text{KOH}$ , необходимое для нейтрализации кислот, содержащихся в 1 г масла.

В свежих маслах эта величина, как правило, небольшая, но в процессе работы масла в двигателе оно окисляется, и количество органических кислот резко возрастает и может доходить до 2-3 мг/г. Кроме того, в процессе работы могут появляться минеральные (водорастворимые) кислоты, которые для свежих масел совершенно недопустимы, так как вызывают очень сильную коррозию металла.

Образцы эталонов капельной пробы по вертикальным колонкам представляют собой оценку загрязненности для малощелочного масла (№№ 1, 3, 5 и 7; первоначальное щелочное число - 8...12 мг $\text{KOH}/\text{г}$ ) и среднешелочного масла (№№ 2, 4, 6, 8; первоначальное щелочное - 20...30 мг $\text{KOH}/\text{г}$ ), а также оценку окисления (№ 9, 10, 11, 12).

По горизонтальным рядам приведены образцы эталонов для разных содержаний нерастворимого осадка в бензине ( $\chi \%$ ): менее 1%; от 1 до 2%; от 2 до 3% и более 3%. Капельная пробы

В результате окисления масло постепенно густеет, темнеет, приобретает резкий, неприятный запах, выделяет различные осадки. В составе продуктов окисления могут быть как низкомолекулярные кислоты (муравьиная, уксусная, масляная), так и высокомолекулярные кислоты.

Хотя высокомолекулярные органические кислоты имеют слабо выраженные кислотные свойства, но при увеличенном их содержании наблюдается значительная коррозия металлов, а также ускоряется процесс порчи масла.

Низкомолекулярные кислоты в масле совершенно недопустимы, так как они вступают в реакцию с металлами, вызывая их коррозию и образуя железные и свинцовые соли этих кислот - мыла.

Особенно важное значение для двигателей внутреннего сгорания приобрела кислотность масла с введением антифрикционных сплавов (медно-свинцовых, кадмевых и др.). Эти сплавы обладают высокой механической прочностью, но очень чувствительны к корrodирующему действию масел.

Для уменьшения коррозии металлов к маслам стали добавлять специальные антикоррозионные и антиокислительные присадки.

Коррозионные свойства масла обусловлены присутствием минеральных кислот и щелочей, органических кислот, активных сернистых соединений и оксидов серы.

Присутствие минеральных кислот и щелочей в маслах не допускается.

Содержание органических кислот в маслах строго ограничено.

При эксплуатации двигателя моторное масло в картере окисляется и в нем постепенно образуются и накапливаются кислые продукты, способные вызывать коррозионный износ деталей (особенно вкладышей подшипников).

Однако не все кислые продукты, образующиеся в масле, одинаковы по агрессивности. Например, высокомолекулярные кислоты действуют на металлы слабее, низкомолекулярные - сильнее. Поэтому при оценке 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.

С целью уменьшения коррозионного воздействия масла в них добавляют специальные антикоррозионные присадки.

*Противокоррозионные и защитные свойства* смазочных масел относятся к числу очень важных эксплуатационных характеристик и в последнее время им уделяется большое внимание. Под противокоррозионными свойствами в химмотологии понимают способность масла в процессе работы не оказывать коррозионного воздействия на различные узлы и детали машин и механизмов, выполненных преимущественно из цветных металлов и сплавов.

Высокая коррозионная агрессивность масла проявляется вследствие накопления в процессе его окисления большого количества продуктов кислотного характера, а также в результате высокой химической активности самого масла, обусловленной наличием функциональных, преимущественно противоизносных присадок (химическая коррозия). Снижение коррозионной агрессивности смазочной среды достигается за счет повышения антиокислительных свойств масла, уменьшением содержания противоизносных присадок и добавления к маслу специальных соединений - противокоррозионных добавок.

По характеру взаимодействия с металлом противокоррозионные присадки условно подразделяют на деактиваторы и пассиваторы. Деактиваторы, за счет образования комплексов, предотвращают или уменьшают каталитическое действие маслорастворимых соединений металлов, накапливающихся в объеме масла в результате химического растворения. Пассиваторы образуют на поверхности металла пленку, не растворяющуюся в масле. Эта пленка блокирует поверхность металла от коррозионного воздействия атмосферной среды.

Заданные пленки на поверхности металла формируются либо в результате химических реакций с металлом, либо вследствие адсорбционно-хемосорбционного взаимодействия

присадки с поверхностью. Это по характеру действия сближает противокоррозионные и противоизносные присадки. Например, серосодержащие противокоррозионные присадки, как и близкие им по химическому составу противоизносные добавки, образуют с металлом такие продукты реакции, как сульфиды, меркаптаны и др. Аналогия в действии объясняет то, что некоторые противоизносные присадки могут выполнять функцию и противокоррозионных добавок.

Определение кислотного числа масла основано на взаимодействии кислот, извлеченных из масла этиловым спиртом, с едким калием в присутствии индикатора нитразинового желтого.

*Оборудование:*

- циллндр измерительный с притертой пробкой вместимостью;
- 100 мл;
- шприцы для введения испытуемого масла и «индикатора»;
- «индикатор» (Реагент В).

*Порядок выполнения работы:*

Для проведения определения в измерительный цилиндр с притертой пробкой емкостью 100 мл налить 20 мл спиртового раствора «индикатора», затем в этот же цилиндр с помощью шприца налить испытуемое масло в количестве, определяемом по таблице 4.2, в зависимости от максимально допустимого кислотного числа, установленного для данного масла.

После этого цилиндр закрыть пробкой и встряхивать в течение 1 минуты. Зеленая и синяя окраска верхнего (спиртового) слоя указывает на то, что кислотное число масла не превышает допустимой нормы. Желтая окраска спиртового слоя указывает на то, что кислотное число масла превышает норму.

*Пример:*

Необходимо выяснить пригодность масла турбинного для дальнейшей эксплуатации. Кислотное число этого масла должно быть не более одного мг КОН на грамм масла.

Из таблицы 4.2 видно, что для испытания необходимо взять 2 мл масла. После взбалтывания масла с «индикатором» спиртовой слой окрасился в желтый цвет, следовательно, кислотное число масла превышает норму.

Таблица 4.2

Кислотное число масла	Объем масла в мл	Кислотное число масла	Объем масла в мл
0,04	46,0	0,25	7,0
0,05	36,0	0,30	6,0
0,07	26,0	0,35	5,0
0,10	18,0	0,50	4,0
0,14	14,0	0,75	3,0
0,15	12,0	1,00	2,0
0,20	9,0	2,0	1,0
0,22	8,0		

При необходимости получения численного значения кислотного числа масла, определение проводится следующим образом:

в измерительный цилиндр налить 20 мл спиртового раствора «индикатора». Затем, с помощью шприца, внести первую дозу масла, соответствующую предельному значению кислотного числа масла (таблице 4.2);

цилиндр закрыть пробкой, масло взболтать и рассмотреть отслоившийся спиртовой слой. Если цвет слоя не изменился, то долить в цилиндр такое количество масла, чтобы его объем в сумме с первой дозой равнялся объему, соответствующему следующему (меньшему) значению кислотного числа по таблице 4.2. Если цвет спиртового слоя не изменился и в

этот раз, то долить в цилиндр такое количество масла, чтобы весь его объем в цилиндре был равен объему, соответствующему следующему значению кислотного числа по таблице 4.2 и т.д., методом последовательных приближений, пока цвет «индикатора» не изменится. По таблице 4.2 определить численное значение кислотного числа, соответствующее объему взятого масла.

*Пример:*

Для анализа взято масло МС-20 из системы двигателя.

Предельно допустимое значение кислотного числа, при котором масло должно удаляться из двигателя, равно 0,5 мг КОН на грамм масла. Из таблицы 4.2 видно, что на испытание необходимо взять 4 мл масла.

После взбалтывания масла с «индикатором» цвет последнего не изменился. Прилить еще 1 мл масла и взболтать. Цвет «индикатора» не изменился. Прилить еще 1 мл масла и так до тех пор, пока цвет не изменится.

Предположим, что спиртовой слой окрасился в желтый цвет при наличии 9 мл масла в цилиндре. Значит кислотное число масла равно 0,20 мг КОН/г масла.

Доливать масло нужно в количествах, при которых будут соблюдены интервалы в объемах масла, указанные в табл.1 (8, 9, 12, 14, 18, 26 и т.д.).

Но для более точного определения можно доливать постоянно по 1 мл масла. Численное значение кислотного числа в этом случае определится интерполированием.

*Пример:*

После того, как в цилиндр было залито 16,0 мл масла, спиртовой слой изменил окраску. В таблице 4.2 приведены значения кислотного числа для 18,0 мл масла (0,10) и 14,0 мл масла (0,14). Так как 16,0 мл является средним арифметическим относительно 14 и 18  $(14+18):2=16$ , то и кислотное число, соответствующее этому количеству мл масла, будет средним арифметическим кислотных чисел, соответствующих 14 и 18 мл масла, т.е.  $(0,14+0,10):2=0,12$ .

**Приготовление индикатора.** Спиртовой раствор нитразинового желтого и едкого калия готовят следующим образом: к одному литру 96% этилового спирта-ректификата добавляют 7-10 мл 0,5% водного раствора нитразинового желтого (в 100 мл воды растворяется 0,5 г нитразинового желтого), после чего спирт окрашивается в желто-оранжевый цвет. Затем туда же добавляют по каплям 0,05 спиртовой раствор едкого калия.

Часть полученного нейтрализованного раствора спирта наливают в мерную колбу емкостью 1 л, туда же добавляют такое количество 0,05 N раствора едкого калия, чтобы в нем содержалось 80 мг едкого калия (28,57 мл 0,05 N раствора едкого калия) и доливают оставшимся спиртом до метки 1 л, взбалтывая. Раствор "Индикатор" расфасовывают по 100 мл в пластмассовые бутылочки со специальной укупоркой.

## **9. Определение диспергирующей способности масла:**

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

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

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

Для определения используйте фильтры входящие в состав лаборатории ПЛАМ. Отберите из системы смазки двигателя 100 гр. Масла и выдержите в течение 20 мин. при температуре окружающей среды. Если масло было отобрано заранее, то пробу масла подогрейте до 50-60°C, тщательно перемешайте в течение 15-20 мин. и доведите до комнатной температуры. Установите фильтр на металлический стаканчик ИВМ.

Опустите в масло проволоку диаметром 2-3 мм на глубину 30 мм, дайте маслу стечь и сделайте так, чтобы одна из последних капель упала на фильтр.

Выдержите фильтр с капельными пробами (КП) при комнатной температуре в течение от 1 до 6 часов (по мере высыхания пробы).

Как правило, изменение диспергирующей способности (ДС) масла вследствие старения происходит следующим образом: в первые часы работы двигателя загрязнений в масле мало, поэтому ДС наибольшая.

По мере старения масла ДС снижается - происходит срабатывание присадок, на КП появляется центральное ядро и уменьшается зона диффузии (способность поддерживать нерастворимые в масле вещества во взвешенном состоянии).

Попадание воды в масло резко снижает ДС.

Снижение ДС ниже 0,3 приводит к выпадению загрязнений из масла на деталях двигателя, в холодильниках масла, фильтрах и трубопроводах. Масло с ДС ниже 0,3 подлежит замене.

Диспергирующая способность масла, выраженная в условных единицах, определяется по формуле 4.3:

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2}, \quad (4.3)$$

где  $d$  - средний диаметр центрального ядра капельной пробы, мм

$D$  - средний диаметр зоны диффузии, мм (см. рисунок 4.14).



Рисунок 4.14 Схема расчета диспергирующей способности масла

Средний диаметр подсчитывается как среднее арифметическое двух измерений, сделанных во взаимно перпендикулярных направлениях. За показатель ДС принимайте среднее арифметическое двух параллельных определений. Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 0,05.

## 10. Методика определения температуры вспышки моторного масла в открытом тигле:

### Определение температуры вспышки

По температуре вспышки масел можно судить об их фракционном составе; чем легче фракционный состав, тем ниже температура вспышки. Чем ниже температура вспышки картерных масел, тем больше при одинаковых условиях эксплуатации наблюдается выгорание масла, то есть больше его расход.

Очень низкая температура вспышки картерных масел, ниже 150°, указывает на попадание в масло горючего, что является недопустимым. Хорошие картерные масла должны иметь температуру вспышки выше 200°, и чем выше, тем лучше.

Температурой вспышки нефтепродуктов называется температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемые в определенных условиях, образуют с окружающим воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении к ней источника огня.

Температурой воспламенения называется температура, при которой жидкость с окружающим воздухом дает горючую смесь, загорающуюся от источника огня.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность нефтепродукта. По температуре вспышки можно судить о характере углеводородов, входящих в состав масла, а также о наличии примеси топливу в нем. В присутствии топлива значительно снижается температура вспышки масел: при попадании в масло 1 % бензина вспышка снижается с 200 до 170°С, а наличие в масле 6 % бензина снижает ее почти в два раза. Вследствие этого увеличивается расход смазочного масла.

На температуру вспышки оказывают влияние давление и влажность воздуха. С повышением атмосферного давления температура вспышки несколько увеличивается, а с возрастанием влажности воздуха — снижается.

Смесь паров масла с воздухом воспламеняется при определенной минимальной концентрации паров в воздухе, которая соответствует нижнему пределу взрываемости. Температуру вспышки определяют в приборах открытого и закрытого типов. Поскольку метод определения температуры вспышки влияет на полученные результаты, обычно указывается, на каком приборе определялась температура вспышки. Как правило, для картерных масел температуру вспышки определяют в приборах открытого типа (прибор Бренкена) (рисунок 4.15).

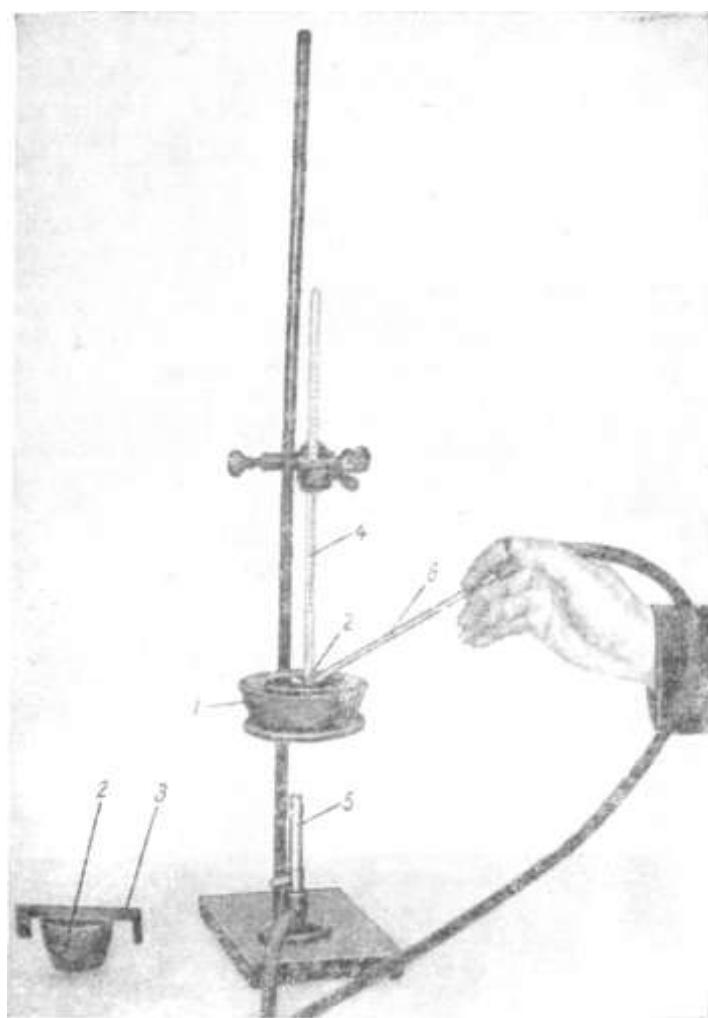


Рисунок 4.15 Прибор для определения температуры вспышки:

1- песчаная баня; 2- тигель; 3- шаблон; 4- термометр; 5- горелка, 6- зажигательная лампочка.

от края тигля 10—12 мм. Тигель с маслом погружают в песок так, чтобы уровни песка и масла были на одной высоте.

В середину масла опускают термометр 4 палочного типа с ценой делений через 1°. Под дно песчаной бани ставят горелку 5. До 100° баню нагревают быстро, на большом пламени горелки. От 100° скорость нагревания уменьшают и нагревают масло на 2—3° в минуту.

Примерно за 10—15° до ожидаемой температуры вспышки, когда над маслом начинают появляться пары, к поверхности его подносят пламя зажигательной лампочки 6, величина которого не должна быть больше 5 мм. Эту операцию повторяют через каждые 2° повышения температуры масла до появления небольшого синего пламени на поверхности масла (вспыхивающие пары быстро гаснут). Отмечают наименьшую температуру, при которой обнаружена первая вспышка.

Отметив температуру вспышки, продолжают нагревание до тех пор (поднося зажигательную лампочку через каждые 2—3° подъема температуры), пока пламя от загоревшегося масла не будет держаться 4—5 сек, и отмечают эту температуру — это будет температура воспламенения. Обычно температура воспламенения бывает на 15—20° выше температуры вспышки.

Низкая температура вспышки и воспламенения масел указывает на их огнеопасность и приводит к повышенному расходу масла при работе его в двигателе.

Температуру застывания масел определяют так же, как и для дизельных топлив (см. работу 3).

Высокая температура застывания указывает на наличие в масле большого количества парафиновых углеводородов. Эти масла совершенно непригодны для зимней эксплуатации.

Часто к зимним сортам картерных масел добавляют специальные присадки - депрессаторы для понижения температуры застывания этих масел.

## 11. Маркировка масел:

До 1974 г. в нашей стране деление масел по уровню качества не производилось. Масла выпускались, с буквенным обозначением, характеризующим область их применения, - А, Д, М и МТ (А - для смазки карбюраторных двигателей, Д - автотракторных и судовых дизелей, М -поршневых авиационных двигателей, МТ - транспортных дизелей; особенности технологии получения масел указывались буквами: К -кислотная, С - селективная очистка, П - масло с присадками, З -загущенное масло). Например, автомобильное масло селективной очистки АС-8, авиационное масло МС-20, загущенные масла с присадками АКЗп-6 и АСЗп-10, масло для транспортных дизелей МТ-16п и т.д. Цифры в обозначении масел характеризовали их вязкость в сСт (мм<sup>2</sup>/с) при температуре 100 °C.

Обеспечение надежной и экономичной работы современных двигателей возможно только при условии применения в них моторных масел с определенными свойствами, отвечающих необходимым требованиям.

Моторные масла по ГОСТ 17479.1-85 подразделяются на группы по эксплуатационным свойствам, характеризующие условия работы масла в двигателях конкретного уровня форсирования.

Зная уровень форсирования двигателя и условия его эксплуатации по таблице 4.3 производят выбор моторного масла требуемой группы качества.

В зависимости от вязкости и эксплуатационных свойств ГОСТ 17479.1-85 устанавливает марки моторных масел (М-8В1, М-6з/12Г1, М-10Гз, М-10Д и т.д.), в основном обозначении которых заложены необходимые данные для правильного подбора масел для кон-

На кольцо штатива устанавливают песчаную баню 1. Испытуемое масло с помощью шаблона 3 наливают в железный тигель 2, оставляя

от края тигля 10—12 мм. Тигель с маслом погружают в песок так, чтобы уровни песка и масла были на одной высоте.

В середину масла опускают термометр 4 палочного типа с ценой делений через 1°. Под дно песчаной бани ставят горелку 5. До 100° баню нагревают быстро, на большом пламени горелки. От 100° скорость нагревания уменьшают и нагревают масло на 2—3° в минуту.

Примерно за 10—15° до ожидаемой температуры вспышки, когда над маслом начинают появляться пары, к поверхности его подносят пламя зажигательной лампочки 6, величина которого не должна быть больше 5 мм. Эту операцию повторяют через каждые 2° повышения температуры масла до появления небольшого синего пламени на поверхности масла (вспыхивающие пары быстро гаснут). Отмечают наименьшую температуру, при которой обнаружена первая вспышка.

Отметив температуру вспышки, продолжают нагревание до тех пор (поднося зажигательную лампочку через каждые 2—3° подъема температуры), пока пламя от загоревшегося масла не будет держаться 4—5 сек, и отмечают эту температуру — это будет температура воспламенения. Обычно температура воспламенения бывает на 15—20° выше температуры вспышки.

Низкая температура вспышки и воспламенения масел указывает на их огнеопасность и приводит к повышенному расходу масла при работе его в двигателе.

Температуру застывания масел определяют так же, как и для дизельных топлив (см. работу 3).

Высокая температура застывания указывает на наличие в масле большого количества парафиновых углеводородов. Эти масла совершенно непригодны для зимней эксплуатации.

Часто к зимним сортам картерных масел добавляют специальные присадки - депрессаторы для понижения температуры застывания этих масел.

крайнего типа двигателя.

Например, масло М-8В1: буква "М" обозначает моторное масло, цифра 8 характеризует его вязкость при 100 °C в  $мм^2/с$ , буква "В" с индексом "1" указывает, что масло по эксплуатационным свойствам относится к группе В и предназначено для среднефорсированных карбюраторных двигателей.

Масло М-6з/12Г1: буква "М" - моторное масло, цифра 6 свидетельствует, что это масло относится к классу, у которого вязкость при минус 18 °C не должна превышать 10400  $мм^2/с$ , индекс "з" обозначает, что масло содержит загущающие (вязкостные) присадки, цифра "12" после знака дроби показывает, что вязкость масла при температуре 100 °C равна 12  $мм^2/с$ , а буква "Г" с индексом "1" обозначает принадлежность масла по эксплуатационным свойствам к группе "Г" и указывает на возможность его использования для высокофорсированных карбюраторных двигателей.

Таблица 4.3 Группы моторных масел в зависимости от уровня эксплуатационных свойств и области их применения

Группа	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели
Б1	Малофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
Б2	Малофорсированные дизели
В1	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие в неблагоприятных условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
В2	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и их склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г1	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
Г2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в неблагоприятных эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Лубрикаторные системы смазки цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы

Индекс "2" при буквенном обозначении группы указывает на то, что масло предназначено для дизелей, например М-8Гз2.

Отсутствие цифрового индекса у масел группы Б, В, Г свидетельствует об универсальности масел и возможности их применения как в карбюраторных, так и дизельных двигателях.

Отнесение масла к соответствующей группе свидетельствует об определенном уровне его

эксплуатационных свойств (антиокислительных, моюще-диспергирующих, противокоррозионных, защитных и т.д.), характеризующем качество масел данной группы. Этот уровень в основном зависит от вида и концентрации вводимых присадок. Поэтому переход от масел низших групп (А, Б) к высшим (В, Г), как правило, достигается путем расширения ассортимента и количественного увеличения присадок в маслах.

Принадлежность масел к той или иной группе устанавливают на основании результатов моторных испытаний на специальных одноцилиндровых или полноразмерных двигателях. Для масел различных групп установлены нормы на оценочные показатели, предусмотренные методами испытаний на двигателях. Сопоставляя результаты моторных испытаний масла с нормами, устанавливают его принадлежность к соответствующей группе по эксплуатационным свойствам.

За рубежом подбор масел в зависимости от типа двигателя и условий его эксплуатации осуществляется также на основании соответствующих классификаций. Градацию масел по вязкости производят по классификации SAE (Общество американских инженеров-автомобилистов), а по условиям и областям применения - согласно классификации API (Американский нефтяной институт).

По классификации SAE J300e масла разделяют на зимние (обозначаются буквой W), летние и всесезонные.

Классификация API подразделяет масла на две категории: S -категория "сервис" и C - коммерческая категория. Масла категории S предназначены для двигателей легких транспортных средств, применяемых в сфере обслуживания, т.е. преимущественно для бензиновых двигателей. Масла категории C предназначены для двигателей автомобилей, осуществляющих коммерческие перевозки, тягачей, строительно-дорожных машин и других, т.е. преимущественно для дизельных двигателей.

В каждой категории масла в зависимости от условий работы подразделяются на классы, также имеющие буквенную маркировку. Поэтому обозначение масел в соответствии с классификацией производится двумя буквами латинского алфавита, указывающими категорию и класс масел, например SE (для карбюраторных двигателей) или CD (для дизелей). Универсальные масла, относящиеся к обеим категориям классификации API, имеют маркировку двух разных категорий, например, SE/CD.

*Синтетические моторные масла.* Одним из путей удовлетворения все возрастающих требований к качеству моторных масел является разработка и применение синтетических моторных масел. Синтетические масла представляют собой индивидуальные соединения или смеси нескольких соединений близкой химической структуры (поли-ос-олефины и др.).

Синтетические масла имеют высокий индекс вязкости (150...170). Температура потери подвижности синтетических масел ниже (до - 65 °C), чем у минеральных. Следовательно, пуск двигателей при отрицательных температурах при применении синтетических масел легче, чем на минеральных, и возможен при более низких температурах воздуха.

Вязкость синтетических масел при температурах 250...300 °C, выше (до 2...3 раз), чем у равновязких им при 100 °C минеральных. Они имеют лучшую термическую стабильность, низкую испаряемость и малую склонность к образованию высокотемпературных отложений. Поэтому синтетические масла могут с успехом применяться в высокофорсированных теплонапряженных двигателях.

Синтетические масла, как правило, превосходят минеральные по антиокислительным свойствам, диспергирующей и механической стабильности, обладают равными или лучшими противоизносными и противозадирными свойствами. В связи с этим синтетические масла имеют срок службы более 20 тыс. км пробега автомобиля, а отдельные образцы служат 80...100 тыс. км без смены.

Расход синтетических масел на угар на 30...40% ниже, чем минеральных. За счет лучших вязкостно-температурных характеристик во всем интервале встречающихся в практике температур расход топлива при использовании синтетических масел снижается на 4...5%.

Стоимость синтетических масел в 2...3 раза выше, чем минеральных. Однако высокие эксплуатационные свойства, большой срок службы в двигателях до замены, низкий расход на угар и вследствие этого меньший общий расход масла делают применение их целесообразным.

Таблица 4.4 Классификация SAE J 300 DEC 95

Класс по SAE	Низкотемпературная вязкость			Высокотемпературная вязкость		
	Проворачивание*	Прокачиваемость**	Вязкость *** $\text{мм}^2/\text{с}$ при 100 °C			Вязкость **** $\text{мПа с}$ , при 150 °C и скорости сдвига $10^6 \text{с}^{-1}$ , не менее
	Максимальная вязкость, $\text{мПа с}$ , при температуре, °C	Максимальная вязкость, $\text{мПа с}$ , при температуре, °C		Min	Max	
0W	3250 при -30 °C	60000 при -40 °C	3,8	-	-	-
5W	3500 при -25 °C	60000 при -35 °C	-	-	-	-
10W	3500 при -20 °C	60000 при -30 °C	4,1	-	-	-
15W	3500 при -15 °C	60000 при -25 °C	5,6	-	-	-
20W	4500 при -10 °C	60000 при -20 °C	5,6	-	-	-
25W	6000 при -5 °C	60000 при -15 °C	9,3	-	-	-
20	-	-	5,6	<9,3	2,6	
30	-	-	9,3	<12,5	2,9	
40	-	-	12,5	<16,3	2,9* <sup>a</sup>	
40	-	-	12,5	<16,3	3,7* <sup>b</sup>	
50	-	-	16,3	<21,9	3,7	
60	-	-	21,9	<26,1	3,7	

\* Вязкость измеряется по методу ASTM D 5293 на вискозиметре CCS

\*\* Вязкость измеряется по методу ASTM D 4684 на вискозиметре MRV, напряжение сдвига не допускается при любом значении вязкости

\*\*\* Вязкость измеряется по методу ASTM D 445 на капиллярном вискозиметре.

\*\*\*\* Вязкость измеряется по методам ASTM D 4683 или CEC L-36-A 90 на коническом имитаторе подшипника

\*<sup>a</sup> Это значение для классов SAE 0W 40, 5W-40, 10W-40

\*<sup>b</sup> Это значение для классов SAE 40, 15W-40, 20W-40, 25W-40

### Классификация API

Классификация моторных масел API была создана и совершенствуется в сотрудничестве API (American Petroleum Institute), ASTM (American Society for Testing and Materials) и SAE. Она определяет пределы различных параметров (в частности, чистоты поршня, износа поршневых колец и т.д.) с помощью различных испытательных двигателей.

### Классификация API моторных масел по эксплуатационным свойствам

Категория S (карбюраторные двигатели)

SA Двигатели, работающие в легких условиях

SB Двигатели, работающие при умеренных нагрузках

SC Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (модели выпуска до 1964 г.)

SD Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1968 г.)

SE Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1972 г.)

SF Двигатели, работающие в тяжелых условиях на неэтилированном бензине

SG Двигатели выпуска с 1989 г.

**SH** Двигатели выпуска с 1994 г.

Категория С (дизельные двигатели)

**CA** Двигатели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистом топливе

**CB** Двигатели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе

**CC** Двигатели (в том числе с умеренным наддувом), работающие в тяжелых условиях

**CD** Двигатели с высоким наддувом, работающие в тяжелых условиях на высокосернистом топливе

**CD-II** То же, с учетом специфических требований двухтактных двигателей

**CE** Двигатели с высоким наддувом (модели выпуска с 1983 г.), эксплуатируемые в тяжелых условиях (высокие нагрузки, малая частота вращения)

**CF-4** Двигатели выпуска с 1990 г.

**CF-2** Улучшенные характеристики CD11 для двухтактных двигателей

**CG-4** Двигатели выпуска с 1994 г. Улучшены характеристики CF-4 и ужесточены требования к токсичности отработанных газов

Классификация ACEA

Классы обозначаются следующим образом:

Бензиновые двигатели: A1, A2 и A3.

Дизели легковых автомобилей: B1, B2, B3 и B4.

Дизели тяжелого транспорта: E1, E2, E3, E4 и E5.

Цифра после буквы показывает уровень требований в данном классе. Чем выше цифра, тем выше требования класса. Исключение составляют, однако, масла классов A1 и B1, которые позволяют сокращать расход топлива и обладают небольшой вязкостью.

С помощью только базовых масел невозможно достичь всех тех свойств, которые современное оборудование и механизмы требуют от смазочных масел. В связи с этим к ним добавляют специальные присадки, которые улучшают свойства высококачественных базовых масел. Однако необходимо помнить, что даже самые хорошие присадки не способны превратить низкокачественные базовые масла в высококачественные смазочные материалы.

**Антиокислительные** присадки приостанавливают реакцию окисления и исключают катализитическое воздействие примесей на металлические поверхности. Окисление - это цепная реакция, где как продукты окисления, так и примеси, загрязняющие масла, ускоряют реакцию.

**Моющие** присадки (детергенты и дисперсанты) очищают двигатель.

**Противокоррозионные** присадки обеспечивают образование на металлических поверхностях пленки, предотвращающей коррозию.

**Противоизносные** присадки образуют на смазываемых поверхностях пленку, предотвращающую непосредственное соприкосновение металлических поверхностей.

**Противозадирные** присадки образуют вместе со смазываемыми металлическими поверхностями химическую пленку, которая эффективно предотвращает задиры.

**Противопенные** присадки предотвращают вспенивание масел за счет снижения поверхностного напряжения, при этом образующиеся воздушные пузыри легко лопаются.

Присадки, снижающие температуру застывания, предотвращают слипание парафиновых кристаллов и застывание масла.

Присадки, улучшающие индекс вязкости - это высокомолекулярные полимеры, которые замедляют повышение вязкости при понижении температуры.

## 12. Отчет о работе:

Отчет о лабораторной работе составляется по совокупности проведенной оценки анализируемого образца масла по данным ГОСТа и результатам физико-химических анализов.

На основании результатов работы дается заключение по качеству анализируемого образца масла и указывается возможная область его применения.

### 13. Контрольные вопросы

1. Как изменяется вязкость масла при изменении его температуры?
2. Что такое индекс вязкости и как он определяется?
3. От чего зависят противоизносные свойства масла?
4. Чем обусловлены коррозионные свойства масла?
5. Что такое динамическая вязкость масла?
6. Что такое кинематическая вязкость масла? Как ее определяют и в каких единицах измеряют?
7. Какие процессы происходят с маслом при эксплуатации в двигателях внутреннего сгорания?
8. В чем сущность классификации моторных масел?
9. В чем разница между летними и зимними моторными маслами?
10. Что обозначают буквы и цифры в марках отечественных моторных масел?

#### 2.5 Лабораторная работа №6 ( 2 часа).

Тема: «Определение показателей качества пластичных смазок»

##### 2.5.1 Цель работы:

- 1) Закрепление знаний по качеству основных марок пластичных смазок;
- 2) Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству пластичных смазок (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).....

**2.5.2 Задачи работы:** Приобретение навыков по оценке качества пластичных смазок

##### 2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Вискозиметр;
2. прибор для проверки консистентной смазки

##### 2.5.4 Описание (ход) работы:

###### 1. Назначение, состав, получение; требования к качеству:

Пластичные смазки применяют в тех узлах трения, в которых не удерживается масло или невозможно обеспечить непрерывное пополнение его запаса. Поэтому для ряда узлов и механизмов автомобиля используют густые мазеобразные продукты - пластичные смазки.

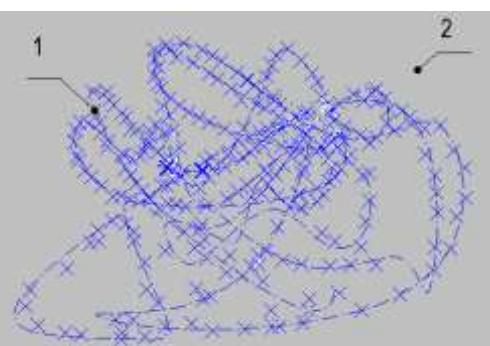


Рисунок 5.1 Структура пластичной смазки:

1 - дисперсионная среда (масло), 2 - дисперсионная фаза (литиевое мыло 12 октистеариновой кислоты);

(электронмикрофотография с увеличением в 15000 раз)

Основное назначение смазок такое же, как и масел, - уменьшение износа деталей, снижение коэффициента трения и защита металлов от коррозии. Их применяют в основном для смазывания таких узлов трения, из которых жидкие смазочные материалы - масла вытекают или которые подвергаются сильному воздействию грязи, пыли и работают в условиях влажной среды (соединения ходовой части, тяги рулевого управления, а также отдельные узлы двигателя и трансмиссии).

Согласно одному из терминологических определений, отражающему объемно-механические свойства, пластичной смазкой называют систему, которая при малых нагрузках проявляет свойства твердого тела; при некоторой критической нагрузке смазка начинает пластично деформироваться (течь подобно жидкости) и после снятия нагрузки вновь приобретает свойства твердого тела. Ранее употребляющийся термин "консистентные смазки" не связан с их особенностями и поэтому не применяется.

Смазки по своему составу являются сложными веществами. В простейшем случае они состоят из двух компонентов - масляной основы (дисперсионная среда) и твердого загустителя (дисперсная фаза) рисунок 5.1. Сочетая в себе свойства твердого тела и жидкости, пластичные смазки в качестве грубой модели могут быть представлены, например, как кусок ваты, пропитанной маслом. Волокна ваты соответствуют частицам дисперсной фазы, а масло, удерживаемое в вате, - дисперсионной среде смазки.

Свойства твердого тела придает смазке наличие структурного каркаса. Когда нагрузки малы, например, под действием собственного веса, структурный каркас и сама смазка не разрушаются, а упруго деформируются. Это обусловлено природой загустителя - размером, формой, характером сцепления частиц дисперсной фазы.

Структурный каркас смазки не отличается сколько-нибудь значительной прочностью. Даже приложение малых нагрузок разрушает его, и смазка деформируется подобно пластично-вязкой жидкости. Благодаря этому смазку можно использовать в узле трения, свободно наносить на защищаемые от коррозии поверхности.

Процесс разрушения структурного каркаса пластичных смазок обратим. После снятия нагрузки течение смазки прекращается, структурный каркас практически мгновенно восстанавливается, и смазка вновь, приобретает свойства твердого тела.

В качестве масляной основы смазок используют различные масла нефтяного и синтетического происхождения. Загустителями, образующими твердые частицы дисперсной фазы, могут быть вещества органического и неорганического происхождений (мыла жирных кислот, парафин, такие термостойкие материалы, как силикагель, бентонит, сажа, органические пигменты и т.п.). Размеры частиц дисперсной фазы очень малы - 0,1-10 мкм. Наиболее характерная форма частиц загустителя - мелкие шарики, ленты, пластинки, иголки, сростки кристаллов и др. Пространственный каркас, например, мыльных смазок состоит из вытянутых плоских лентообразных или -игольчатых частиц.

Для большинства смазок на долю дисперсионной среды - жидкого масла приходится от 70 до 90% массы смазок. Это объясняет тот факт, что многие их свойства зависят от масляной основы, хотя важнейшие характеристики определяются все же типом загустителя. Так, природа, фракционный состав, молекулярная масса загущаемых масел полностью определяют испаряемость смазок. От вязкости дисперсионной среды во многом зависят вязкостные характеристики смазок, например, прокачиваемость смазки при низких температурах. От вязкостных характеристик дисперсионной среды смазок зависит в основном сопротивление вращению в таком важном узле трения, как подшипник качения, а также почти целиком (частично еще и от концентрации загустителя) - низкотемпературные свойства смазок.

В большинстве случаев для производства смазок применяют мало- и средневязкие нефтяные масла и редко - синтетические. До 80% смазок готовят на маслах вязкостью не более 50 мм<sup>2</sup>/с при 50 °С. Смазки, приготовленные на маловязких маслах, можно применять при -60 °С. Из масел индустриальных и других с близкой вязкостью (15-50 мм<sup>2</sup>/с при

50 °C) производят массовые и многоцелевые смазки. Вязкие масла применяют в основном для производства консервационных, а также некоторых сортов термостойких смазок.

Содержание дисперсной фазы загустителя в пластичных смазках колеблется от 5 до 30% и обычно составляет 10-20%. Тем не менее именно он определяет основные эксплуатационные характеристики смазки. Поскольку дисперсионная среда не оказывает такого влияния на свойства смазки, их принято классифицировать по природе загустителя: мыльные (загущены мылами высших жирных кислот), углеводородные (загущены твердыми углеводородами), силикагелевые (загущены силикагелем) и др.

Для улучшения свойств (консервационных, противоизносных, химической стабильности, термостойкости и др.) в смазки вводят присадки в количестве 0,001-5%. Применяют, как правило, те же присадки, что и в производстве масел: антиокислительные, противоизносные и противозадирные (улучшают смазочное действие), противокоррозионные (повышают защитные свойства), вязкостные, адгезионные, антисептики и др. Иногда в смазки вводят стабилизаторы, например, воду. Их назначение - в сохранении однородности коллоидной стабильности системы.

В смазках специального назначения (уплотнительных, резьбовых, для рессор и т.п.) применяются наполнители. Наполнителями называют различные по составу твердые порошкообразные продукты, вводимые в смазочные материалы. В отличие от присадок в маслах и в смазках они нерастворимы. Их количество может колебаться в значительных пределах, иногда даже превышая объем и массу основных компонентов. Наполнители увеличивают прочность смазки, препятствуют выдавливанию ее из узлов трения, повышают термостойкость, снижают коэффициент трения и улучшают некоторые другие свойства. Наиболее широко в качестве наполнителей применяют графит и дисульфид молибдена, который, как графит и слюда, имеет кристаллическое строение, что определяет эффективность их смазочного действия. Влияние наполнителей на свойства смазок зависит от природы, концентрации и дисперсности, а также от свойств дисперсионной среды, способа введения наполнителя и соотношения между ним и загустителем.

Принцип приготовления смазок состоит в образовании структурного каркаса, включающего в свои ячейки дисперсионную среду (базовое масло). Для большинства смазок этот процесс состоит из нескольких стадий: дозировка сырья, приготовление загустителя, смешивание загустителя с маслом (варка смазки), охлаждение смазки, гомогенизация, деаэрация, расфасовка.

Установки, в которых варят смазки, могут быть периодического или непрерывного действия. Чаще всего - это варочные аппараты (котлы), оборудованные мешалкой и паровой рубашкой (для создания определенного температурного режима). Их оснащают также быстрооткрывающимися люками, арматурой, термоизмерительной и контрольно-измерительной аппаратурой (рисунок 5.2). В большинстве случаев в варочных котлах омыливаются жиры или жирные кислоты и диспергируются мыла, образующиеся в минеральном масле.

*Мыльные смазки.* Загустителями в мыльных смазках являются мыла (соли высших жирных кислот). Причем все чаще применяют комплексные мыла. Мыла для производства смазок получают нейтрализацией высших жирных кислот гидроокисями металлов – щелочами или омылением глицеридов высших жирных кислот - жиров щелочами.

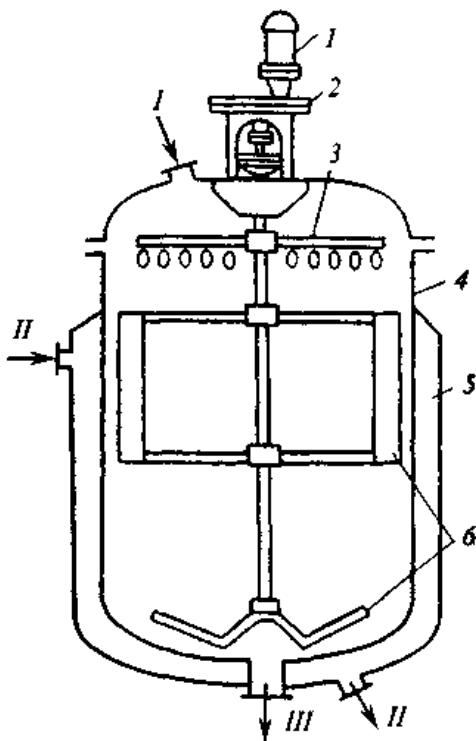


Рисунок 5.2 Варочный аппарат (котел):

- 1- электродвигатель;
- 2- редуктор;
- 3- пеногасительная лопасть;
- 4- котел;
- 5- паровая рубашка;
- 6- рамная мешалка;

/ - сырье; // - теплоноситель;  
 /// - продукт - пластичная смазка.

углеводородной смазки (около 0,5 мм) надежно защищает поверхность от проникновения воды и пара.

Для производства мыл в процессе приготовления смазок используют индивидуальные жирные кислоты, полученные из природных жиров, и синтетические жирные кислоты, получаемые окислением парафина. Смазки на синтетических жирных кислотах являются полноценными заменителями смазок на натуральных жирах. Их называют *синтетическими* в отличие от жировых.

Хотя в настоящее время известны смазки, загущенные мылами лития, кальция, цинка, стронция, бария, алюминия, свинца, широко применяют только кальциевые, литиевые, натриевые, бариевые и алюминиевые смазки.

**Углеводородные смазки.** Их получают, сплавляя нефтяные масла с твердыми углеводородами - парафином, церезином, а также с побочным продуктом депарафинизации - петролатумом, представляющим собой сложную смесь парафинов и церезинов различной молекулярной массы. Углеводородные смазки занимают исключительное место среди консервационных (защитных) смазок благодаря таким свойствам, как невысокая температура плавления и обратимость структуры, абсолютная нерастворимость в воде. Их можно легко наносить на металлические детали и поверхности, окуная, например, в расплавленную смазку при 60-120 °C, распылением, при помощи кисти и т.д. Толщину защитного слоя можно легко регулировать, изменяя, например, температуру расплава. Даже тонкий слой углеводородной смазки (около 0,5 мм) надежно защищает поверхность от проникновения

## 2. Характеристика образца по внешним признакам:

Цвет консистентной смазки зависит от ее состава, качества исходного сырья и технологии изготовления. Цвет даже одного и того же сорта может меняться от светло-желтого до темно-коричневого, поэтому для большинства смазок он не является характерным признаком. Только некоторые сорта смазок имеют определенный цвет, позволяющий установить их сорт или марку. Так, графитные смазки имеют черный цвет, иногда с зеленоватым отливом. Технический вазелин прозрачен, в тонком слое коричневого цвета.

Визуальным осмотром определяют цвет смазки, внешний вид, наличие на поверхности смазки слоя масла или посторонних примесей. Если смазка на мыльном загустителе, то чувствуется характерный запах мыла; если на углеводородном, - запах нефтепродукта.

Однородность смазки и наличие механических примесей проверяют пробой на стекло. Для этого исследуемую смазку тонким (1 — 2 мм) ровным слоем наносят (шпателем) на кусочек чистого оконного стекла. Слой смазки рассматривают в проходящем свете, при этом легко обнаруживаются посторонние примеси; если они есть, то смазка к эксплуатации непригодна. Абразивные механические примеси можно обнаружить, если по этому слою смазки потереть другим стеклом, слышится характерный скрип. Иногда абразивные примеси можно обнаружить растиранием смазки между пальцами.

Сорт смазки довольно легко определяется пробой на жировое пятно. Для этого шарик исследуемой смазки величиной с горошину наносят на фильтровальную бумагу. Снизу бумагу осторожно нагревают, держа ее над плиткой, горелкой и т. п. При этом масла и углеводородные загустители легко впитываются бумагой, а мыла остаются на бумаге в виде плотного остатка.

Технический вазелин, имеющий углеводородный загуститель, весь расплавляется и впитывается бумагой, давая светло-желтое пятно.

Графитная смазка оставляет на бумаге темно-коричневое пятно с отчетливо видимыми кристалликами графита по всему пятну.

Консталин на бумаге остается в виде того же нанесенного шарика, только по краям образуется небольшой величины масляное пятно. При более сильном нагревании обугливается бумага, но комочек не расплавляется.

Солидолы быстро образуют жировое пятно, в центре которого находится мягкий остаток. При увеличении нагревания из остатка выделяются небольшие пузырьки воды. Структурная вода обязательно входит в состав солидола. Если кусочек смазки пальцами растирать с водой, то консталин мылится и легко смывается водой. Смазка приготавливается на водорастворимом натриевом мыле, а солидолы и технический вазелин в воде не мылятся и не растираются.

*Оборудование:*

- стеклянная пластинка;
- шпатель;
- образец испытуемой смазки.

**3. Определение растворимости смазки в воде и бензине:**

Растворимостью смазки проверяется природа загустителя. Если смазка растворяется в воде, то, следовательно, загустителем является натриевое мыло. Если смазка растворяется в бензине, то загуститель — твердые углеводороды; если не растворима ни в воде, ни в бензине, то можно предположить, что загуститель — кальциевое мыло.

*Оборудование:*

- пробирки;
- стеклянная палочка;
- дистиллированная вода;
- бензин неэтилированный;
- газовая горелка;
- водяная баня.

*Порядок выполнения работы:*

Для испытания на растворимость в две пробирки помещают по 1,5-2,0 г исследуемой смазки (на глаз). Смазку кладут на дно пробирки стеклянной палочкой. В одну пробирку наливают на 1/3, высоты дистиллированной воды, полученную смесь размешивают и осторожно нагревают на открытом огне до 60-70°, периодически взбалтывая пробирку. Если вода в пробирке остается прозрачной, то, следовательно, смазка в ней не растворяется; можно предположить, что она изготовлена на кальциевом мыле или твердых углеводородах. Если вода мутнеет и смазка в ней растворяется, то смазка изготовлена на натриевом мыле.

В другую пробирку наливают бензин, примерно в 4 - 5 раз больше, чем смазки. Размешивают смазку в бензине стеклянной палочкой и осторожно нагревают (на водяной бане или закрытой плитке) до 50-60°. Если смазка приготовлена на углеводородной осно-

ве, она полностью растворится в бензине и образует однородный прозрачный раствор. Смазки на мыльных загустителях в бензине полностью не растворимы.

#### 4. Определение температуры каплепадения смазок:

Температурой каплепадения ( $t_{\text{капл.}}$ ) называют такую температуру, при которой падает первая капля смазки, помещенной в капсиюле специального прибора, нагреваемого в стандартных условиях (рисунок 5.3). Температура каплепадения зависит в основном от вида загустителя и в меньшей степени от его концентрации. Отсюда и подразделение смазок на низкоплавкие Н( $t_{\text{капл.}}$  до 60 °C), среднеплавкие С ( $t_{\text{капл.}} = 60$ ° до 100 °C) и тугоплавкие Т( $t_{\text{капл.}} > 100$  °C). Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна превышать температуру трущихся деталей на 15-20 °C.

Учитывая, что температура в узлах трения не превышает 110-120°C, а температура каплепадения, например, литиевых смазок может достигать 190 °C, с появлением новых типов смазок, приготовленных на тугоплавких загустителях, этот показатель, кроме углеводородных смазок, для всех остальных утратил свое решающее значение. В сочетании с другими характеристиками по температуре каплепадения определяют тип анализируемой смазки.

Определение температуры каплепадения применяется для суждения о способности смазок переходить в расплавленное состояние и тем самым о потери одного из важнейших его свойств, а следовательно и о непригодности для дальнейшей работы.

Основное назначение смазок также как и масел - уменьшение износа и снижение потерь мощности на работу трения - это антифрикционные смазки.

Кроме того, применяются консервационные, уплотнительные и различные специализированные смазки. В настоящее время промышленностью выпускается более 200 наименований смазок.

В соответствии с современными представлениями классификация смазок производится по типу загустителя. От типа загустителя зависят температурные пределы работоспособности смазок. Обычно рабочая температура деталей должна быть на 10...15 °C ниже температуры плавления смазки.

Наиболее распространенным загустителем смазок являются мыла- кальциевые, натриевые, литиевые и др. Кальциевые смазки - солидолы- имеют температуру каплепадения в пределах от 70...90 °C, это среднеплавкие смазки. К тугоплавким смазкам относят натриевые, литиевые, температура каплепадения которых составляет 120...180 °C. Смазки, предназначенные для работы при температурах выше 200 °C могут быть получены только при использовании синтетических масел.

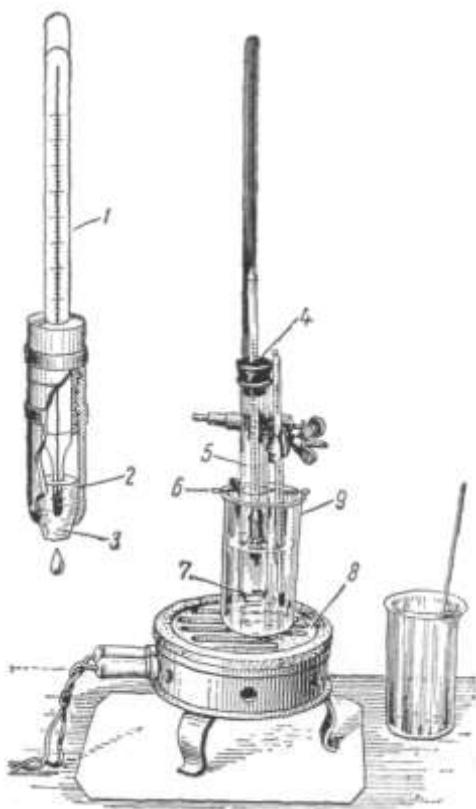


Рисунок 5.3 Прибор для определения температуры каплепадения: 1- термометр; 2- металлическая гильза; 3- чашечка; 4-пробка; 5-пробирка; 6 -проводочный зажим; 7-фильтровальная бумага; 8-электроплитка; 9- стакан с водой. 10-кольцевая металлическая мешалка.

Углеводородные смазки по своей природе отличаются от мыльных. Загустителем углеводородных смазок являются твердые углеводороды нефтяного происхождения - парафины, церезины, петролатум, озокерит.

Температура каплепадения их не превышает 50...60  $^{\circ}\text{C}$ . Нерастворимость в воде позволяет использовать их как наиболее эффективный консервационный материал.

*Оборудование:*

- прибор для определения температуры каплепадения смазок;
- шпатель;
- секундомер;
- стеклянный термостойкий стакан;
- глицерин или вода;
- кольцевая металлическая мешалка.

*Порядок выполнения работы:*

При определении температуры каплепадения смазка, нагретая в определенных условиях, размягчается до такого состояния, при котором происходит образование капли и ее падение. Опыт проводят в специальном приборе Уббелоде (рисунок 5.3).

Прибор состоит из термометра 1, нижняя часть которого сужена и наглухо заделана в металлическую гильзу 2, на которую навинчивается трубка со стеклянной чашечкой 3 внутри. В дне чашечки есть отверстие диаметром около 3 мм, через которое капает расплавленная смазка.

Термометр 1 на корковой пробке 4 закрепляют внутри пробирки 5. На дно пробирки помещают круглый кусочек фильтровальной бумаги 7. Пробирку на проволочном зажиме 6 укрепляют в стакане 9 с водой.

Исследуемую смазку плотно шпателем вмазывают в стеклянную чашечку, следя за тем, чтобы в смазке не было пузырьков воздуха; излишок смазки срезают ножом. Чашечку вставляют в гильзу, при этом ртутный шарик термометра выдавливает через отверстие излишок смазки, его тоже срезают. Затем собирают прибор, как указано выше.

Воду в стакане медленно подогревают, поддерживая скорость нагревания 1-1,5 $^{\circ}$  в минуту. Нагревать можно на газовой горелке или электрической плитке 8. Воду в стакане периодически размешивают стеклянной палочкой. При испытании отмечают две температуры: каплеобразования, т.е. ту температуру, при которой из отверстия чашечки появляется капля смазки, и температуру каплепадения или плавления, когда капля отрывается и падает на фильтровальную бумагу, помещенную на дно пробирки. Наиболее низкой температурой каплепадения обладают смазки на углеводородной основе, примерно около 50 $^{\circ}$ . Солидолы относятся к среднеплавким смазкам, их температуры плавления в зависимости от марки от 75 до 90 $^{\circ}$ , и более высокую температуру плавления имеют консталины, не ниже 120-130 $^{\circ}$ .

**5. Определение числа пенетрации пластиичной смазки:**

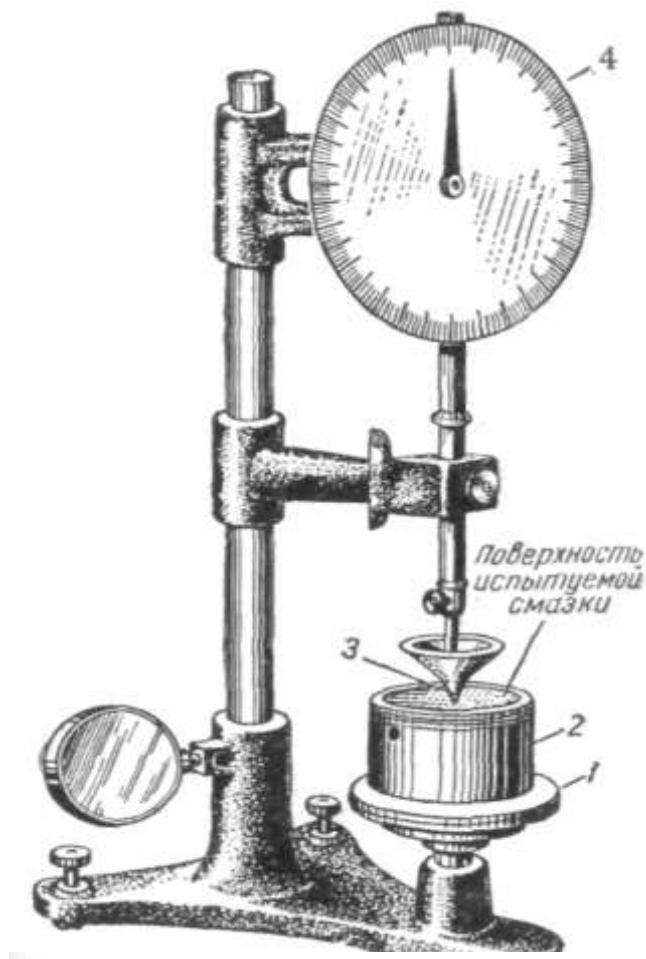
Пенетрация характеризует консистенцию или степень мягкости пластиичных смазок. Пенетрацию (число проницаемости) определяют на лабораторном пенетрометре ЛП глубиной погружения в испытуемую смазку стандартного по форме и массе тела (конуса или иглы) за 5с при заданной нагрузке и температуре. Число проницаемости (пенетрации) выражается целым числом десятых долей миллиметра глубины погружения конуса или иглы в смазку.

Число градусов, показываемое стрелкой, соответствует числу десятых долей миллиметра глубины погружения конуса в смазку.

Считается, что числа пенетрации определяют возможность использования различных методов подачи смазки к узлу трения и кроме того, является показателем постоянства качества смазок. При температуре 25°C число пенетрации различных смазок лежит в широких пределах от 35...70 до 330...360.

Изменение числа пенетрации пластичных смазок при хранении в условиях эксплуатации указывает на изменение ее структуры. Такую смазку необходимо быстрее использовать.

**Проведение испытаний.** Лабораторный пенетрометр ЛП (рисунок 5.4) состоит из штатива с плитой, на которой установлены круглый уровень и столик. Его положение по высоте можно регулировать. На штативе укреплен кронштейн с плунжером, индикатор 4 и зеркало. Плунжер свободно перемещается в направляющей втулке и фиксируется с помощью зажима. Пусковая кнопка 2 служит для освобождения плунжера. К плунжеру прикреплены игла с грузом и конус 1. Индикатор состоит из кремальеры 3, с осью шестерни которой соединена стрелка 5. Стрелка соединяется с осью шестерни на конусе, поджимаемой пружиной и может устанавливаться на нуль при любом положении рейки кремальеры.



Исследуемую смазку тщательно перемешивают в специальной мешалке (рисунок 5.5).

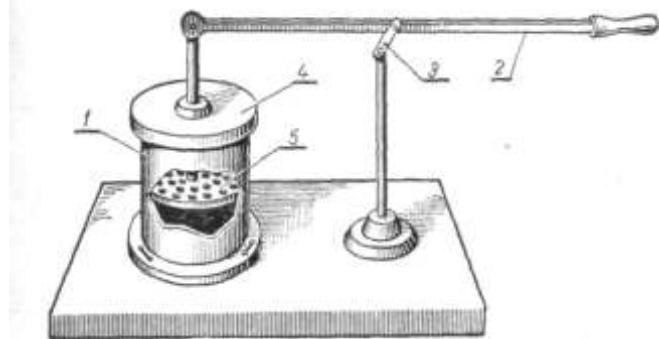


Рисунок 5.5 Мешалка для пластичных (консистентных) смазок:

1- стакан-смеситель; 2- ручка смесителя; 3- рычаг; 4- крышка стакана; 5- диск с отверстиями.

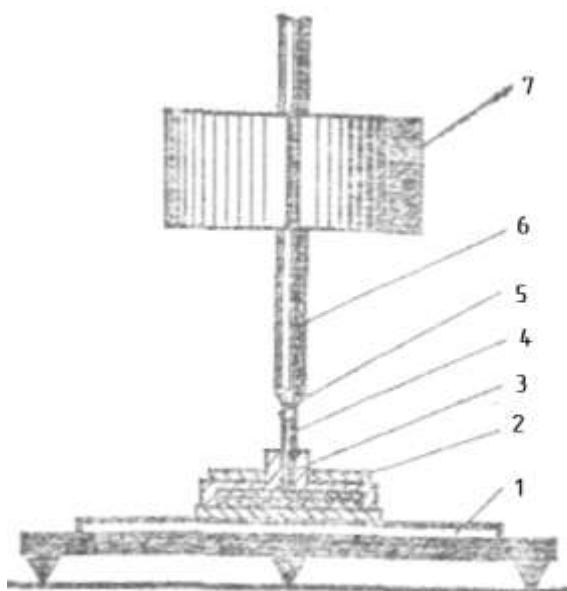
Стеклянный стакан с тщательно перемешанной испытуемой смазкой выравнивают поверхность смазки. Избыток смазки снимают. С помощью зажима перемещают кронштейн по стойке так, чтобы наконечник конуса коснулся поверхности смазки. Положение наконечника конуса контролируют с помощью зеркала. При этом необходимо предотвратить возможность соприкосновения конуса со стенкой стакана. Рейку, снабженную сферическим наконечником, перед измерением подводят к установленному и зафиксированному зажимом плунжеру, после чего стрелку устанавливают на нуль по шкале (360 делений ценой 0,1мм). При установке индикатора следят за тем, чтобы осталась необходимая длина хода рейки кремальеры (30...35 мм). Этого достигают смещением индикатора вдоль стойки. Затем одновременно включают секундомер и нажимают пусковую кнопку 2. Конус свободно погружается в смазку в течение 5 с, после чего отпускают кнопку, прекращая погружение. Далее снова отпускают рейку до соприкосновения с плунжером, при этом также передвигают стрелку 5 индикатора.

После отсчета показаний по шкале индикатора приподнимают кремальеру и плунжер с конусом, тщательно очищают конус от смазки, выравнивают поверхность испытуемой смазки в стаканчике и повторяют опыт.

За результат испытания принимают среднее арифметическое четырех последовательных определений.

## 6. Определение коллоидной стабильности смазки:

Пластичные смазки представляют собой коллоидные системы, состоящие из дисперсной среды и дисперсной фазы. Дисперсной средой служит, жидкое минеральное масло, а дисперсной фазой - загуститель. В состав пластичных смазок входит 80...90 % минерального масла и 10...20 % загустителя (различные мыла или твердые углеводороды), а также вода для повышения их коллоидной стабильности. Иногда для улучшения качества и придания специфических свойств к смазкам добавляют различные присадки и наполнители, например графит.



Среднюю пробу смазки помещают в цилиндр 2 (рисунок 5.4), заполняя его полностью без воздушных пузырьков, и в течение 2-3ч выдерживают его в термостате при температуре 25°.

Рисунок 5.6. Схема прибора КСА для определения коллоидной стабильности  
 1 — кронштейн; 2 — стальная шайба;  
 3- чашечка; 4-поршень 5-шарик; 6-шток; 7- груз.

пластичной смазки против необратимого разрушения. У большинства пластичных смазок с течением времени выделяется жидкое масло. Это явление усиливается под действием высокой температуры, давления и перемешивания. Коллоидная стабильность возрастает с увеличением количества загустителя в смазке и падает с понижением вязкости минерального масла. Смазки с низкой коллоидной стабильностью (например, смазка ЦИАТИМ-201) расфасовывают в мелкую тару.

Сильное выделение масла, тем более распад смазки недопустимы, однако для обеспечения нормальной работы трущихся поверхностей небольшое выделение масла желательно, если этот процесс протекает медленно и равномерно на протяжении всего срока службы смазки в подшипнике.

Хорошей коллоидной стабильностью обладает смазка с показателями от 0 до 5%, удовлетворительной - от 5-15%, низкой - более 15%

Испытания проводят в приборе КСА при заданных нагрузке, времени и температуре. Чем больше отпрессовывается из пластичной смазки масла, тем ниже ее коллоидная стабильность.

Проведение испытаний. Для определения коллоидной стабильности служит прибор КСА (рисунок 5.6). Он состоит из штатива с плитой, на которой установлен круглый уровень и столик. На стойке штатива укреплен кронштейн, в котором размещен шток с двумя выемками для крепления груза. Металлический шарик диаметром 8 мм служит для передачи давления на хвостовик поршня. На столик устанавливают чашечку 3 для испытуемой смазки, в которую вставлен поршень 4. Чашечка снабжена втулкой для вывода хвостовика поршня. На хвостовике поршня находится лыска для предотвращения создания вакуума над поршнем. Масса штока, шарика, поршня и груза составляет 1 кг.

Чашечку с поршнем взвешивают на аналитических весах, затем в нее вмазывают шпателем испытуемую смазку, не допуская образования пузырьков воздуха и пустот, взвешивают и вычисляют массу смазки, взятой на испытание. Один кружок фильтровальной бумаги смачивают маслом, отжимают между листами фильтровальной бумаги и взвешивают. Стекло со стопкой фильтровальной бумаги (7...9 кружков) помещают на столике штатива. На смазку в чашечке кладут пропитанный маслом кружок фильтровальной бумаги так, чтобы между бумагой и смазкой не было пустот, и ставят чашечку на стопку фильтровальной бумаги, положенную на стекло.

В лунку хвостовика поршня помещают шарик, передающий давление. Нажимают пусковую кнопку, освобождают шток и опускают его до соприкосновения с шариком. На шток надевают груз, нажимают пусковую кнопку, закрепляют его скобой и отмечают время начала испытания. По истечении 30 мин взвешивают чашечку со смазкой и кружком фильтровальной бумаги.

Обработка результатов. Количество масла  $x$  (%), выделившегося после отпрессовывания пластичной смазки, вычисляют по формуле 5.1

$$x = \frac{(m_1 - m_2)100}{m}, \quad (5.1)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  - массы чашечки со смазкой и пропитанным маслом кружком фильтровальной бумаги до и после испытания, г;

$m$  - масса смазки, взятой для испытания, г.

При хранении или эксплуатации из пластичной смазки не должно выделяться масло, то есть смазка должна обладать коллоидной стабильностью. Под коллоидной стабильностью понимают стойкость

У большинства пластичных смазок с течением времени выделяется жидкое масло. Это явление усиливается под действием

высокой температуры, давления и перемешивания. Коллоидная стабильность возрастает с

увеличением количества загустителя в смазке и падает с понижением вязкости минерального масла. Смазки с низкой коллоидной стабильностью (например, смазка ЦИАТИМ-201) расфасовывают в мелкую тару.

Сильное выделение масла, тем более распад смазки недопустимы, однако для

обеспечения нормальной работы трущихся поверхностей небольшое выделение масла же-

лательно, если этот процесс протекает медленно и равномерно на протяжении всего срока

службы смазки в подшипнике.

Хорошей коллоидной стабильностью обладает смазка с показателями от 0 до 5%,

удовлетворительной - от 5-15%, низкой - более 15%

Испытания проводят в приборе КСА при заданных нагрузке, времени и температуре.

Чем больше отпрессовывается из пластичной смазки масла, тем ниже ее коллоидная

стабильность.

Проведение испытаний. Для определения коллоидной стабильности служит прибор

КСА (рисунок 5.6). Он состоит из штатива с плитой, на которой установлен круглый уро-

вень и столик. На стойке штатива укреплен кронштейн, в котором размещен шток с двумя

выемками для крепления груза. Металлический шарик диаметром 8 мм служит для пере-

дачи давления на хвостовик поршня. На столик устанавливают чашечку 3 для испытуе-

мой смазки, в которую вставлен поршень 4. Чашечка снабжена втулкой для вывода хво-

стовика поршня. На хвостовике поршня находится лыска для предотвращения создания

вакуума над поршнем. Масса штока, шарика, поршня и груза составляет 1 кг.

Чашечку с поршнем взвешивают на аналитических весах, затем в нее вмазывают

шпателем испытуемую смазку, не допуская образования пузырьков воздуха и пустот,

взвешивают и вычисляют массу смазки, взятой на испытание. Один кружок фильтроваль-

ной бумаги смачивают маслом, отжимают между листами фильтровальной бумаги и

взвешивают. Стекло со стопкой фильтровальной бумаги (7...9 кружков) помещают на сто-

лике штатива. На смазку в чашечке кладут пропитанный маслом кружок фильтровальной

бумаги так, чтобы между бумагой и смазкой не было пустот, и ставят чашечку на стопку

фильтровальной бумаги, положенную на стекло.

В лунку хвостовика поршня помещают шарик, передающий давление. Нажимают

пусковую кнопку, освобождают шток и опускают его до соприкосновения с шариком.

На шток надевают груз, нажимают пусковую кнопку, закрепляют его скобой и отмечают

время начала испытания. По истечении 30 мин взвешивают чашечку со смазкой и кружком

фильтровальной бумаги.

Обработка результатов. Количество масла  $x$  (%), выделившегося после отпрессовы-

ния пластичной смазки, вычисляют по формуле 5.1

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

## 7. Классификация пластиичных смазок:

Пластиичные смазки классифицируются - по составу и по назначению (области применения).

I. Классификация по составу. Так как, дисперсная фаза (загуститель) оказывает определяющее влияние на структуру и свойства смазок, поэтому по типу загустителя смазки принято подразделять на четыре группы:

1. Смазки мыльные - загустителем в этих смазках являются соли высших (жирных) кислот. Эти смазки широко применяются на автомобилях. Смазки этой группы подразделяются по катиону мыла на алюминиевые (Al), бариевые (Ba), калиевые (K), кальциевые (Ca), литиевые (Li), натриевые (Na), свинцовые (Pb), цинковые (Zn). Катион мыла оказывает влияние на температурный диапазон применения (рисунок 5.7), делятся еще по аниону мыла на обычные и комплексные (к). Смазки, приготовленные на смешанных мылах, обозначаются двойным обозначением (по катионам мыла), например, натриево-кальциевые (Na-Ca).

Первым в обозначении указывается катион, доля мыла которого в общем балансе загустителя больше.

2. Смазки на неорганических загустителях. К этой группе относятся смазки, в которых загустителем являются термостабильные с развитой



Рисунок 5.7 Диапазон рабочих температур различных типов смазок

удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества. К ним относятся силикагелевые (Si), бентонитовые (Bn), графитные (C) и другие неорганические загустители.

3. Смазки на органических загустителях. Загустителем в органических смазках являются термостабильные, высокодисперсные органические вещества. К этой группе смазок относят полимерные, полимочевинные, сажевые и другие.

4. Углеводородные смазки. В качестве загустителя в углеводородных смазках являются высокоплавкие углеводороды - петролатум, церезин, парафин, озокерит, природные и синтетические воски.

По типу дисперсионной среды (масла) смазки делят на смазки на нефтяных, синтетических и растительных маслах.

II. Классификация по назначению (по области применения).

По области применения в соответствии с ГОСТ 23258-78 смазки разделяют на четыре группы: антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные (таблица 5.1).

*Смазки антифрикционные* предназначены для снижения износа и трения сопряженных деталей.

*Смазки консервационные* (защитные) предназначены для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации механизмов.

**Таблица 5.1 Классификация пластичных смазок по назначению в соответствии с ГОСТ 23258-78**

Подгруппа	Индекс	Область применения
<i>Антифрикционные</i>		
Общего назначения для обычных температур	С	Узлы трения с рабочей температурой до 70 °C
Общего назначения для повышения температур	О	Узлы трения с рабочей температурой до 110 °C
Многоцелевые	М	Узлы трения с рабочей температурой 30...+130 °C в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах сохраняют работоспособность до —40 °C
Термостойкие	Ж	Узлы трения с рабочей температурой $\geq 150$ °C
Низкостойкие	Н	Узлы трения с рабочей температурой $\leq -40$ °C
Противозадирные и противоизносные	И	Подшипники качения при контактных напряжениях более 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках $>15$ кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
Химически стойкие	Х	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивным средами
Приборные	П	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные (трансмиссионные)	Т	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Приработочные	Д	Сопряжение поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки
Узкоспециализированные (отраслевые)	У	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т.д.). Для преимущественного применения в отдельных отраслях техники (автомобильные, железнодорожные, индустриальные и др.)
Брикетные	Б	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов
Консервационные	З	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел

---

		или твердых покрытий
		<i>Уплотнительные</i>
Арматурные	A	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	P	Резьбовые соединения
Вакуумные	B	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
		<i>Канатные</i>
Канатные стальных канатов	K	Стальные канаты, органические сердечники

---

*Смазки уплотнительные*, герметизирующие зазоры и неплотности узлов и деталей.

В классификационном обозначении пластичных смазок, в соответствии с ГОСТ 23258-78, указывают следующее:

1. подгруппу по назначению (например, М - многоцелевая);
2. тип загустителя (например, Ли - литиевое мыло; Ка - кальциевое; На - натриевое, Ли-Ка - смешанное - литиево-кальциевое);
3. температурный диапазон применения смазки. Они делятся на подгруппы, обозначаемые индексами: С - общего назначения (до 70 °C); О - для повышенной температуры (до 110 °C); М - многоцелевые, работоспособны от -30 до 130 °C в условиях повышенной влажности; Ж - термостойкие (150 °C и выше); Н -морозостойкие (ниже -40 °C).

Рекомендуемый температурный диапазон применения указывают дробью: в числителе - уменьшенная в 40 раз без знака минус минимальная температура, в знаменателе - уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения. Температурный диапазон имеет ориентировочное значение, так как он зависит от конструкции сопряжений и условий работы. Например 4/13 -смазка работоспособна в интервале -40 °C до 130 °C.

#### 4. Тип дисперсионной среды.

Тип дисперсионной среды и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами: у - синтетические углеводороды, к - кремнийорганические жидкости, г - добавка графита, д - добавка дисульфида молибдена. Смазки на нефтяной основе индекса не имеют.

#### 5. Консистенцию смазки обозначают условным числом от 0 до 7.

Пример (классификационное обозначение товарной литиевой смазки Литол-24): Мли4/13-3. М - многоцелевая антифрикционная, работоспособна в условиях повышенной влажности; Ли - загущена литиевыми мылами; 4/13 - работоспособна в интервале от -40 °C до 130 °C - отсутствие индекса дисперсионной среды - приготовлена на нефтяном масле; 3 - условная характеристика густоты смазки.

Автомобильный транспорт является одним из основных потребителей пластичных смазок - около 25% от общего производства. Причем наибольшее применение при эксплуатации автомобилей находят антифрикционные смазки.

### 8. Отчет о работе:

Отчет о лабораторной работе составляется по совокупности проведенной оценки анализируемого образца пластичной смазки по данным ГОСТа и результатам физико-химических анализов.

На основании результатов работы дается заключение по качеству анализируемого образца пластичной смазки и указывается возможная область ее применения.

### 9. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены пластичные смазки?

2. Каков состав пластических смазок?
3. Приведите классификацию пластичных смазок по ГОСТ 23258-78.
4. Назовите основные свойства пластичных смазок.
5. С какой целью определяют температуру каплепадения смазок?
6. Для чего определяют пенетрацию пластичных смазок?
7. Расскажите об ассортименте и области использования среднеплавких пластичных смазок.
8. Перечислите основные показатели качества антифрикционных пластичных смазок.
9. Что называется пенетрацией пластичных смазок?
10. В чем разница между жировыми и синтетическими пластичными смазками?

## **2.6 Лабораторная работа №7 ( 2 часа).**

**Тема: «Определение показателей качества специальных жидкостей»**

### **2.6.1 Цель работы:**

- 1) Закрепление знаний по качеству основных марок специальных жидкостей;
- 2) Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству специальных жидкостей (ГОСТами на показатели качества и методы их определения);

### **2.6.2 Задачи работы: Приобретение навыков по оценке качества специальных жидкостей**

#### **2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. образцы специальных жидкостей
2. ареометр
3. термометр

#### **2.6.4 Описание (ход) работы:**

##### **1. Общие сведения:**

Тормозные жидкости служат для передачи энергии к исполнительным механизмам в гидроприводе тормозной системы автомобиля.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа и более. Развиваемое давление передается на поршни колесных цилиндров, которые прижимают тормозные на-кладки к тормозным дискам или барабанам. При торможении кинетическая энергия при трении превращается в тепловую. При этом освобождается большое количество теплоты, которое зависит от массы и скорости автомобиля. При экстренных торможениях автомобиля температура тормозных колодок может достигать 600 °С, а тормозная жидкость нагреваться до 150 °С и выше. Высокие температуры в тормозах и гигроскопичность жидкости приводят к ее обводнению и преждевременному старению. В этих условиях жидкость может отрицательно влиять на резиновые манжетные уплотнения тормозных цилиндров, вызывать коррозию металлических деталей. Но наибольшую опасность для работы тормозов представляет возможность появления в жидкости пузырьков пара и газа, образующихся при высоких температурных режимах эксплуатации из-за низкой температуры кипения самой жидкости, а также при наличии в ней воды.

При нажатии на педаль тормоза пузырьки газа сжимаются, и так как объем главного тормозного цилиндра невелик (5...15 мл), даже сильное нажатие на педаль может не привести к росту необходимого тормозного давления, т.е. тормоз не работает из-за наличия в системе паровых пробок.

Надежная работа тормозной системы - необходимое условие безопасной эксплуатации автомобиля, поэтому тормозная жидкость является ее функциональным элементом и должна отвечать комплексу технических требований. Важнейшие из них рассмотрены ниже.

*Температура кипения.* Это важнейший показатель, определяющий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов. Для большей части современных тормоз-

ных жидкостей температура кипения в процессе эксплуатации снижается из-за их высокой гигроскопичности. К этому приводит попадание воды, главным образом за счет конденсации из воздуха. Поэтому наряду с температурой кипения "сухой" тормозной жидкости определяют температуру кипения "увлажненной" жидкости, содержащей 3,5% воды.

Температура кипения "увлажненной" жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет "закипать" через 1,5...2 года ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля. Для надежной работы тормозов необходимо, чтобы она была выше рабочей температуры жидкости в тормозной системе.

Из опыта эксплуатации следует, что температура жидкости в гидроприводе тормозов грузовых автомобилей обычно не превышает 100  $^{\circ}\text{C}$ . В условиях интенсивного торможения, например на горных дорогах, температура может подняться до 120  $^{\circ}\text{C}$  и более.

В легковых автомобилях с дисковыми тормозами температура жидкости при движении по магистральным автострадам составляет 60...70  $^{\circ}\text{C}$ , в городских условиях достигает 80...100  $^{\circ}\text{C}$ , на горных дорогах 100...120  $^{\circ}\text{C}$ , а при высоких скоростях движения, температурах воздуха и при интенсивных торможениях - до 150  $^{\circ}\text{C}$ . В некоторых случаях (спецмашины, спортивные автомобили и т.д.) температура жидкости может превышать указанные значения.

Следует отметить, что начало образования паровой фазы тормозных жидкостей при нагреве, а следовательно, и паровых пробок в гидроприводе тормозов происходит при температуре на 20...25  $^{\circ}\text{C}$  ниже температуры кипения жидкости. Это обстоятельство принимается во внимание при установлении показателей качества тормозных жидкостей.

Согласно требованиям международных стандартов температура кипения "сухой" и "увлажненной" тормозной жидкости должна иметь значения соответственно не менее 205 и 140  $^{\circ}\text{C}$  для автомобилей при обычных условиях их эксплуатации и не менее 230 и 155  $^{\circ}\text{C}$  - для автомобилей, эксплуатирующихся на режимах с повышенными скоростями или с частыми и интенсивными торможениями, например на горных дорогах. Следует иметь в виду, что на автомобиле, остановившемся после интенсивных торможений, температура жидкости может некоторое время повышаться за счет теплоты тормозных колодок из-за прекращения их охлаждения встречным потоком воздуха.

*Вязкостно-температурные свойства.* Процесс торможения обычно длится несколько секунд, а в экстренных условиях - доли секунды. Поэтому необходимо, чтобы сила, прилагаемая водителем к педали, быстро передавалась на поршни рабочих цилиндров. Это условие обеспечивается необходимой текучестью жидкости и определяется максимально допустимой вязкостью при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$ : не более 1500  $\text{мм}^2/\text{с}$  для жидкостей общего назначения и не более 1800  $\text{мм}^2/\text{с}$  - для высокотемпературных жидкостей. Жидкости для Севера должны иметь вязкость не более 1500  $\text{мм}^2/\text{с}$  при  $-55^{\circ}\text{C}$ .

*Антикоррозионные свойства.* В гидроприводе тормозов детали из различных металлов соединяются между собой, что создает условия для протекания электрохимической коррозии. Для предотвращения коррозии жидкости должны содержать ингибиторы, защищающие сталь, чугун, белую жесть, алюминий, латунь, медь от коррозии. Их эффективность оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из указанных металлов после их выдерживания в тормозной жидкости, содержащей 3,5% воды, в течение 120 ч при 100  $^{\circ}\text{C}$ .

*Совместимость с резиновыми уплотнениями.* Для обеспечения герметичности гидросистемы на поршни и цилиндры ставят резиновые уплотнительные манжеты. Необходимое уплотнение обеспечивается, когда под воздействием тормозной жидкости манжеты несколько набухают и их уплотнительные кромки плотно прилегают к стенкам цилиндра. При этом недопустимо как слишком сильное набухание манжет, так как может произойти их разрушение при перемещение поршней, так и усадка манжет, чтобы не допустить утечки из системы.

Испытание на набухание резины осуществляется при выдерживании манжет или образцов резины в жидкости при 70 и 120  $^{\circ}\text{C}$ . Затем определяется изменение объема, твердости и

диаметра манжет.

*Смазывающие свойства.* Влияние жидкости на износ рабочих поверхностей тормозных поршней, цилиндров, манжетных уплотнений проверяется при стендовых испытаниях, имитирующих работу гидропривода тормозов в тяжелых условиях эксплуатации.

*Стабильность при высоких и низких температурах.* Тормозные жидкости в интервале рабочих температур от -50 до 150 °C должны сохранять исходные показатели, т.е. противостоять окислению и расслаиванию при хранении и применении, образованию осадков и отложении на деталях гидропривода тормозов.

*Ассортимент и эксплуатационные свойства.* В настоящее время выпускается несколько марок тормозных жидкостей.

Жидкость **БСК** (ТУ 6-10-1533-75) представляет собой смесь бутилового спирта и касторового масла, имеет хорошие смазывающие свойства, но невысокие вязкостно-температурные показатели, используются в основном на старых моделях автомобилей.

Жидкость "**Нева**" (ТУ 6-01-1163-78) - основными компонентами являются гликоловый эфир и полиэфир, содержат антикоррозионные присадки. Работоспособна при температуре до -40...-45 С. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей.

Жидкость **ГТЖ-22м** (ТУ 6-01-787-75) - на гликоловой основе. По показателям близка к "Неве", он обладает худшими антикоррозионными и вязкостно-температурными свойствами. Рекомендуется для применения лишь на отдельных моделях грузовых автомобилей.

Жидкость "**Томь**" (ТУ 6-01-1276-82) разработана взамен жидкости "Нева". Основные компоненты - концентрированный гликоловый эфир, полиэфир, бораты; содержит антикоррозионные присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем "Нева", более высокую температуру кипения. Совместима с "Невой" при смешивании в любых соотношениях.

Жидкость "**Роса**" (ТУ 6-05-221-564-84) разработана для новых моделей легковых автомобилей, в первую очередь ВАЗ-2108. Основной компонент - боросодержащий полиэфир; содержит антикоррозионные присадки. Она имеет высокие значения температуры кипения (260 °C) и температуры кипения "увлажненной" жидкости (165 °C). Это обеспечивает надежную работу тормозной системы при тяжелых эксплуатационных режимах и позволяет увеличить срок службы жидкости.

Чтобы исключить возможность образования паровых пробок, жидкость "Нева" в зависимости от условий эксплуатации автомобилей рекомендуется заменять через 1...2 года; срок службы жидкостей "Томь" и "Роса" может быть более двух лет.

Низкотемпературные показатели неудовлетворительны у БСК. Уже при температуре -15...-17 °C образуются кристаллы касторового масла. С дальнейшим понижением температуры происходит потеря подвижности; при температуре ниже -20 °C жидкость БСК неработоспособна.

Жидкости "Нева", "Томь", "Роса" работоспособны до -40...-45 °C.

Для автомобилей, эксплуатирующихся в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой вязкость при -55°C должна быть не более 1500 мм<sup>2</sup>/с. При отсутствии такой жидкости практикуется разбавление жидкости "Нева" и "Томь" 18...20% этилового спирта. Такая смесь работоспособна при температуре до -60 °C, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых манжетных уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом - вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации смесь следует заменить.

Жидкости "Нева", "Томь", "Роса" совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо, так как приведет к расслоению смеси и потере необходимых эксплуатационных свойств.

Зарубежными аналогами жидкостей "Нева" и "Томь" являются жидкости соответствующие международной классификации ДОТ-3, которые имеют температуру кипения более 205 °C, а для жидкости "Роса" - жидкости ДОТ-4 с температурой кипения более 230 °C.

Жидкости типа БСК на современных моделях автомобилей за рубежом не применяются.

Охлаждающие жидкости.

Требования, предъявляемые к жидкости для систем охлаждения двигателей, весьма разнообразны. Такая жидкость не должна замерзать и кипеть во всем рабочем диапазоне температур двигателя, легко прокачиваться при этих температурах, не воспламеняться, не вспениваться, не воздействовать на материалы системы охлаждения, быть стабильной в эксплуатации и при хранении, иметь высокую теплопроводность и теплоемкость.

В наибольшей степени этим требованиям отвечает вода и водные растворы некоторых веществ.

Вода имеет целый ряд положительных свойств: доступность, высокую теплоемкость, пожаробезопасность, нетоксичность, хорошую прокачиваемость при положительных температурах.

К недостаткам воды следует отнести: неприемлемо высокую температуру замерзания и увеличение объема при замерзании, недостаточно высокую тем-

### 6.1. Характеристики тормозных жидкостей

Показатель	БСК	«Нева»	«Томь»	«Роса»
Внешний вид	Прозрачная жидкость ярко-красного цвета	Прозрачная жидкость желтого цвета	Прозрачная однородная жидкость желтого цвета	Прозрачная однородная жидкость
Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре:				
100 $^{\circ}\text{C}$ , не менее	—	2,0	2,0	2,0
70 $^{\circ}\text{C}$ , не менее	5,5	—	—	—
50 $^{\circ}\text{C}$ , не менее	9,0	5,0	5,0	5,0
0 $^{\circ}\text{C}$ , не менее	13,0	—	—	—
-40 $^{\circ}\text{C}$	—	1 500	1 500	1 700
Низкотемпературные свойства	После выдержки 30 мин при -40 $^{\circ}\text{C}$ должно быть раслаивания	После выдержки 6 суток при -40 $^{\circ}\text{C}$ и 6 ч при -50 $^{\circ}\text{C}$ не должно быть осадка и расслаивания	После выдержки 6 суток при -50 $^{\circ}\text{C}$ не должно быть осадка и расслаивания	—
Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$ , не ниже	115	190	205	260
Температура кипения увлажненной жидкости, $^{\circ}\text{C}$ , не ниже	—	—	140	155
Изменение при взаимодействии с резиной, %:				
массы	1...5	—	—	—
объема	2...10	2...10	2...10	1...6
предела прочности	20	25	20	25

пературу кипения и склонность к образованию накипи. Эти недостатки ограничивают применение воды в качестве охлаждающей жидкости. Однако в тех климатических зонах, где не бывает низких температур или автомобили эксплуатируются только в летний период, вода может применяться в системах охлаждения автомобилей. В этом случае важно знать ее свойства, чтобы избежать нежелательных последствий от эксплуатации двигателей на воде.

В первую очередь это относится к накипи - твердым и прочным отложениям на горячих стенках системы охлаждения, образующимся в результате оседания на стенках бикарбонатов, сульфатов и хлоридов кальция и магния, содержащихся в воде.

Образование накипи кроме ухудшения теплоотвода приводит к увеличению расхода топлива. Так, при толщине накипи 1,5...2 мм расход топлива может возрасти на 8...10 %. Это происходит вследствие недопустимого повышения температурного режима цилиндропоршневой группы из-за термического сопротивления слоя накипи.

Для предупреждения образования накипи в системе охлаждения используется два способа:

- введение антинакипинов (хромпик  $K_2C_2O_7$ , нитрат аммония  $NH_4NO_3$ );
- умягчение воды перед заливкой в систему (кипчением, перегонкой или обработкой кальцинированной содой  $Na_2CO_3$ ).

Наличие у современных двигателей двухконтурной системы охлаждения с термостатом исключает возможность применения воды в зимнее время. Это связано с тем, что после пуска охлаждающая жидкость для более быстрого прогрева двигателя циркулирует только по малому контуру, минуя радиатор. Время открытия термостата и циркуляции по большому контуру может быть достаточно большим, особенно при низких температурах. В течение этого времени в радиаторе без циркуляции может замерзнуть, что приведет к его размораживанию.

При определенных условиях эксплуатации автомобилей: высокой температуре окружающего воздуха, буксировке прицепа, движении по бездорожью на пониженных передачах и т. д. - охлаждающая жидкость может нагреться до температуры кипения. Эффективность охлаждения в этом случае резко падает, двигатель перегревается, возможен его выход из строя. Для устранения этого необходимо применять охлаждающую жидкость с повышенной температурой кипения и герметизировать систему охлаждения.

Системы охлаждения современных двигателей герметичны, и жидкость в них находится под небольшим давлением, обычно около 0,05 МПа, которое поддерживается клапаном радиатора. В новых моделях автомобилей давление в системе охлаждения еще выше (0,12 МПа) и поддерживается клапаном в расширительном бачке. При давлении 0,05 МПа вода кипит при 112 °C, а при 0,12 МПа - при 124 °C.

В последние десятилетия получили широкое распространение низкозамерзающие охлаждающие жидкости - *антифризы* на основе водных растворов этиленгликоля ( $C_2H_4(OH)_2$ ) с температурой кипения 197 °C. В отличие от воды при замерзании антифризы не расширяются и не образуют твердой сплошной массы. Образуется рыхлая масса кристаллов воды в среде этиленгликоля. Такая масса не приводит к размораживанию блока и не препятствует запуску двигателя. Антифриз после пуска двигателя довольно быстро переходит в жидкое состояние. Однако прогрев отопителя салона затрудняется, поэтому необходимо поддерживать такую концентрацию антифриза, чтобы он не замерзал до температуры -40...-35 °C.

Антифризам присущи некоторые недостатки. Так, их теплопроводность и теплоемкость ниже, чем у воды, что несколько снижает эффективность систем охлаждения.

При нагреве антифризы увеличивают объем, ввиду чего в системе охлаждения устанавливается расширительный бачок. Этиленгликоль коррозионно-агрессивен по отношению к металлам, поэтому в антифризы при изготовлении добавляют специальные антикоррозионные и противовенные присадки. Общее содержание присадок составляет 3...5%.

Температура кипения антифриза достаточно высока и составляет 120...132 °C. Поэтому в

герметичной системе охлаждения современного автомобиля при нормальных условиях эксплуатации (без перегрева двигателя) потери антифриза происходят преимущественно из-за утечек (микрощели в радиаторе, ослабление креплений хомутов на шлангах и другие неисправности).

Восполнять уровень антифриза в системе охлаждения водой нежелательно, так как при этом снижается концентрация этиленгликоля в смеси, что ведет к повышению температуры замерзания.

В табл. 6.2 приведены основные характеристики антифризов, выпускаемых в нашей стране.

## 6.2. Основные показатели охлаждающих жидкостей

Показатель	«Тосол» (ТУ 6-02-751-86)			«Лена» (ТУ 113-07-02-88)		
	АМ	А-40	А-65М	ОЖ-К	ОЖ-40	ОЖ-65
Цвет	Голубой		Красный		Желто-зеленый	
Плотность при 20°C г/м <sup>3</sup>	1120...1140	1075...1085	1085...1095	1120...1150	1075...1085	1085...1100
Температура замерзания, °C, не выше	-40	-65	-	-40	-65	-
Резерв щелочности, см <sup>3</sup> , не выше	10	10	10	10	10	10
Коррозионные потери металлов при испытаниях на пластине, мг/см <sup>2</sup> , не более:						
меди	10	10	10	7	7	7
припоя	12	12	12	12	12	12
алюминия	20	20	20	10	10	10
чугуна	10	10	10	7	7	7
Состав, %						
этиленгликоль	97	56	64	96	56	65
вода	3,0	44	36	3	44	35

Наиболее широко на автомобилях применяется антифриз **Тосол А40-М**.

Допустимый срок службы антифриза "Тосол А40-М" составляет до 3 лет эксплуатации автомобилей или 60 тыс. км пробега.

При более длительных сроках эксплуатации на некоторых деталях системы охлаждения начинают появляться очаги коррозии, в первую очередь на крыльчатке водяного насоса, т.е. на чугуне. Корродируют также детали из алюминия, припой в радиаторе, латунные трубы радиатора и корпус термостата.

Антифриз в процессе эксплуатации изменяет свои характеристики:

снижается запас щелочности, увеличивается склонность к пенообразованию, возрастает агрессивность к резине и увеличивается способность вызывать коррозию металлов. Интенсивность изменения характеристик антифриза зависит от средней рабочей температуры в двигателе. В южных районах, где эти температуры обычно более высокие, антифриз стареет интенсивнее. В северных же районах страны антифриз может служить и более - трех лет.

Трехлетний срок службы "Тосола А40-М" гарантируется только при поддержании в течение этого времени требуемой плотности антифриза - не менее 1075 кг/м<sup>3</sup>. Добавление более 1л свежего концентраты увеличивает срок службы антифриза примерно на год.

Охлаждающая жидкости "Лена-40" по свойствам близка к "Тосолу А40-М", но меньше корродирует чугунные и алюминиевые детали.

## 2. Определение жесткости воды и ее умягчение:

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

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

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

Общую жесткость воды составляют временная (карбонатная), создаваемая бикарбонатами кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и магния  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , и постоянная (некарбонатная), создаваемая хлоридами, сульфатами и нитратами этих же металлов  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .

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

Поэтому общая жесткость воды равна

$$\mathcal{J}_o = \text{Ca}^{2+}/20,04 + \text{Mg}^{2+}/12,16, \quad (6.1)$$

Определение качества воды (временной и постоянной жесткости), используемой для технических целей и ее умягчение. Для работы необходимы следующие приборы и материалы: набор стеклянной лабораторной посуды; бюретка с глауконитом; электроплитка; 0,1 н раствор соляной кислоты; щелочная смесь, приготовленная смешиванием равных объемов 0,1 н раствора карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и 0,1 н раствора едкого натра  $\text{NaOH}$ ; водные растворы карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и тринатрийфосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  концентрации примерно 5 мг/см<sup>3</sup>; 0,1 %-ный раствор индикатора метилового оранжевого; фильтровальная бумага или фильтры «Синяя лента».

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

При воздействии соляной кислоты бикарбонаты переходят в хлориды этих же металлов. Для определения временной жесткости  $\mathcal{J}_v$  в коническую колбу наливают 100 см<sup>3</sup> анализируемой воды, добавляют две-три капли индикатора метилоранжа, титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до появления слабо-розового окрашивания и кипятят в течение 3 мин.

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

Временную жесткость  $\mathcal{J}_v$  (мг-экв/л) воды вычисляют по формуле

$$\mathcal{J}_v = \frac{V \cdot N}{V_1} 1000, \quad (6.2)$$

где  $V$  - объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование анализируемой воды,  $\text{см}^3$ ;

$N$  - нормальность раствора соляной кислоты;

$V_1$  - объем воды, отобранный на анализ,  $\text{см}^3$ .

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

Для приготовления щелочного титрованного раствора перемешивают равные объемы 0,1 н растворов карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и едкого натра  $\text{NaOH}$ .

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

При определении общей жесткости наливают в коническую колбу 100  $\text{см}^3$  анализируемой воды и титруют ее раствором 0,1 н соляной кислоты в присутствии двух-трех капель индикатора метилового оранжевого до появления слабо-розовой окраски. Затем раствор кипятят в течение 3 мин с целью удаления из пробы воды углекислого газа  $\text{CO}_2$ . В случае появления при кипячении желтой окраски воду дополнительно титруют тем же раствором соляной кислоты до слабо-розовой окраски. После этого в кипящую воду с помощью бюретки приливают 20  $\text{см}^3$  щелочной смеси и раствор продолжают кипятить еще в течение 3...5 мин для полного осаждения солей кальция и магния.

После кипячения воду охлаждают и переливают в мерную колбу вместимостью 200  $\text{см}^3$ . Оставшийся на стенках колбы осадок смывают дистиллированной водой из промывальной склянки в мерную колбу.

Объем воды в мерной колбе доводят дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивают содержимое и затем осадок отфильтровывают.

С помощью пипетки или мерного цилиндра отмеривают 100  $\text{см}^3$  фильтрата, выливают его в чистую и сухую коническую колбу, приливают три-четыре капли индикатора метилоранжа и титруют раствором 0,1 н соляной кислоты до слабо-розового окрашивания. При титровании нейтрализуется избыток щелочной смеси, добавленной к пробе воды и не вступившей в реакцию.

Общую жесткость  $\mathcal{K}_o$  анализируемой воды вычисляют по формуле

$$\mathcal{K}_o = V_1 - 2V_2, \quad (6.3)$$

где  $V$ -количество раствора 0,1 н соляной кислоты, израсходованной на нейтрализацию избыточной щелочной смеси,  $\text{см}^3$ ;

$V_1$ - количество раствора щелочной смеси, взятой для осаждения солей жесткости,  $\text{см}^3$ ;

2 - коэффициент, учитывающий то обстоятельство, что из общего объема раствора воды с щелочной смесью на титрование взята только половина.

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

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

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

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

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

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

Катиониты - нерастворимые зернистые материалы, имеющие примерный состав  $Al_2O_3(SiO_2)_x(Na_2O)\cdot nH_2O$ , способные обменивать свои катионы на катионы водного раствора.

*Умягчение жесткой воды кипячением.* Воду наливают в химический стакан в количестве 200 см<sup>3</sup> и кипятят 30 мин на электрической плитке.

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

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

Затем фильтрат подвергают анализу и определяют его временную  $\mathcal{K}_e^\phi$  и общую  $\mathcal{K}_o^\phi$  жесткость.

Изменение жесткости воды  $\Delta\mathcal{K}_e^\phi$  и  $\Delta\mathcal{K}_o^\phi$  в результате кипячения вычисляют по формулам

$$\Delta\mathcal{K}_e^\phi = \mathcal{K}_e^\phi - \mathcal{K}_e, \quad (6.4)$$

$$\Delta\mathcal{K}_o^\phi = \mathcal{K}_o^\phi - \mathcal{K}_o, \quad (6.5)$$

где  $\mathcal{K}_e$  и  $\mathcal{K}_o$  — временная и общая жесткость воды до кипячения;

$\mathcal{K}_e^\phi$  и  $\mathcal{K}_o^\phi$  — временная и общая жесткость воды после кипячения.

*Умягчение жесткой воды содой  $Na_2CO_3$  и тринатрий-фосфатом  $Na_3PO_4$ .* При добавлении в жесткую воду  $Na_2CO_3$  или  $Na_3PO_4$  протекают реакции, в результате которых соли жесткости превращаются в нерастворимые соли кальция и магния, выпадающие в осадок. Вода становится мягкой.

Работу по умягчению воды выполняют в следующем порядке.

Сначала подсчитывают требуемое для умягчения воды количество  $A$  (см<sup>3</sup>) реагентов (умягчителей) по формулам для соды

$$A = 53\mathcal{K}_o \frac{V}{T}, \quad (6.6)$$

для тринатрийфосфата

$$A = 55\mathcal{K}_o \frac{V}{T}, \quad (6.7)$$

где  $\mathcal{K}_o$  - общая жесткость умягчаемой воды, мг-экв/л;

$V$  - объем воды, взятой для умягчения, л;

$T$  - концентрация реагента, мг/см<sup>3</sup> Раствора; 53 и 55 - мг-экв  $Na_2CO_3$  и  $Na_3PO_4$ .

В два химических стакана наливают по 100 см<sup>3</sup> умягчаемой воды. Затем в один из них добавляют с помощью бюретки рассчитанное количество умягчителя, содержащего соду, в другую - тринатрийфосфат.

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

После кипячения стаканы охлаждают, а содержимое их фильтруют через бумажные фильтры «Синяя лента».

В связи с тем, что сода и тринатрийфосфат полностью удаляют соли временной жесткости, после умягчения определяют только общую жесткость умягченной воды.

*Умягчение жесткой воды глауконитом (катионитом)*, Сущность этого метода умягчения заключается в пропускании воды через слой мелкозернистого глауконита (условное обозначение  $\text{Na}_2\text{R}$ ).

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

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

Для умягчения пробы воды насыпают в бюретку слой катионита (глауконита) высотой 300...400 мм и через него медленно пропускают примерно 100 см<sup>3</sup> воды небольшими порциями. Скорость выхода воды через нижнее отверстие бюретки должна быть не более 2 см<sup>3</sup>/мин. При такой скорости фильтрации вода достаточное время контактирует с умягчителем и обменные реакции полностью завершаются.

Для проверки качества умягчения воды первые 10...20 см<sup>3</sup> отбрасывают, затем отбирают пробу для определения временной и общей жесткости.

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

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

### **3. Исследование качества низкозамерзающих охлаждающих жидкостей.**

Низкозамерзающие охлаждающие жидкости (антифризы) широко используются в системах охлаждения двигателей. Для автотракторных двигателей, например, применяют этиленгликолевые антифризы. Этиленгликоль  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  - двухатомный спирт, представляет собой ядовитую жидкость без цвета и запаха, хорошо смешивается с водой в любых соотношениях, плотность при 20 °C составляет 1113 кг/м<sup>3</sup>, замерзает при минус 11,5°C. Однако при смешивании этиленгликоля с водой температура застывания смеси ниже, чем каждого из компонентов (рис. 6.1). При смешивании этиленгликоля с водой в различных соотношениях можно получить смеси, замерзающие от 0 до минус 70...75°C.

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

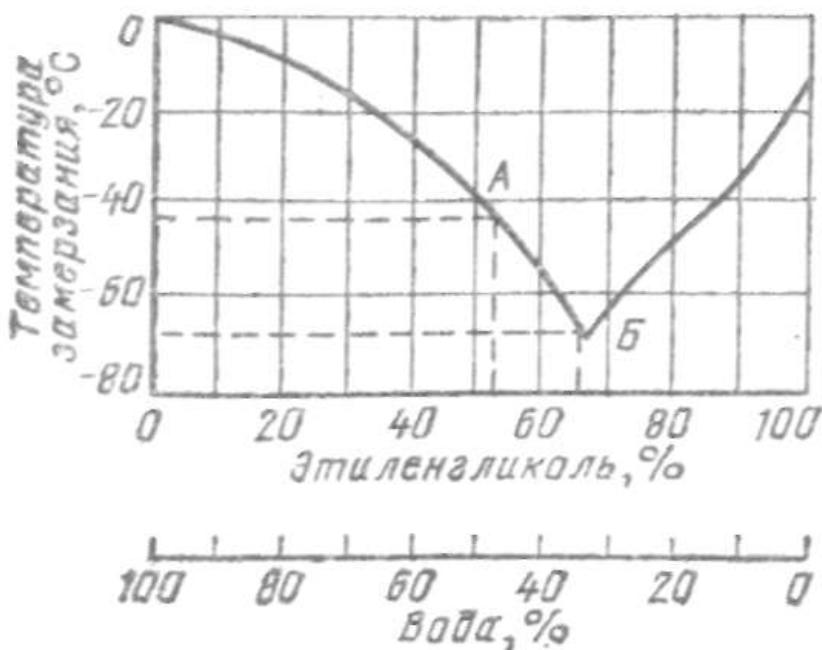


Рис. 6.1. Кривая кристаллизации - водоэтиленгликолевых смесей натрий).

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

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

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

Применяется также низкозамерзающая охлаждающая жидкость Тосол. Выпускают три марки этой жидкости: Тосол А-40, Тосол А-65 и Тосол А. Тосол применяют всесезонно. В него добавляют антикоррозионные и антиенные присадки. Тосол А представляет собой концентрат, при разбавлении которого на 50 % дистиллированной водой получают антифриз с температурой кристаллизации  $-35^{\circ}\text{C}$ . При соответствующем разбавлении концентрата дистиллированной водой получают Тосол А-40 с температурой замерзания  $-40^{\circ}\text{C}$  и Тосол А-65 с температурой замерзания  $-65^{\circ}\text{C}$ .

Марку Тосола можно определить по его плотности при  $20^{\circ}\text{C}$ , которая для Тосола А составляет  $1120\ldots1140 \text{ кг}/\text{м}^3$ , для Тосола А-40 -  $1075\ldots1085$ , для Тосола А-65 -  $1085\ldots1095 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

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

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

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

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

Проведение испытаний. Состав антифриза определяют гидрометром. Существуют специальные ареометры-гидрометры, с помощью которых измеряют содержание этиленгликоля в антифризе и температуру его замерзания. Гидрометр (рис. 6.2) представляет собой ареометр, снабженный вместо шкалы плотности, двойной шкалой - содержания этиленгликоля и температуры замерзания. При проведении опыта температура антифриза должна быть 20 °C, для чего антифриз, налитый в цилиндр, выдерживают в термостатирующем устройстве в течение 15 мин. В этом случае не требуется вводить в полученный результат температурных поправок.

Осторожно опускают гидрометр в цилиндр с антифризом. После того как гидрометр установился, по верхней границе мениска отсчитывают на шкале значения состава антифриза и температуры застывания. Если определение состава антифриза производилось не при 20 °C, то в показания гидрометра вносят поправку (табл. 6.3).

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

Например, при температуре 10 °C содержание этиленгли-

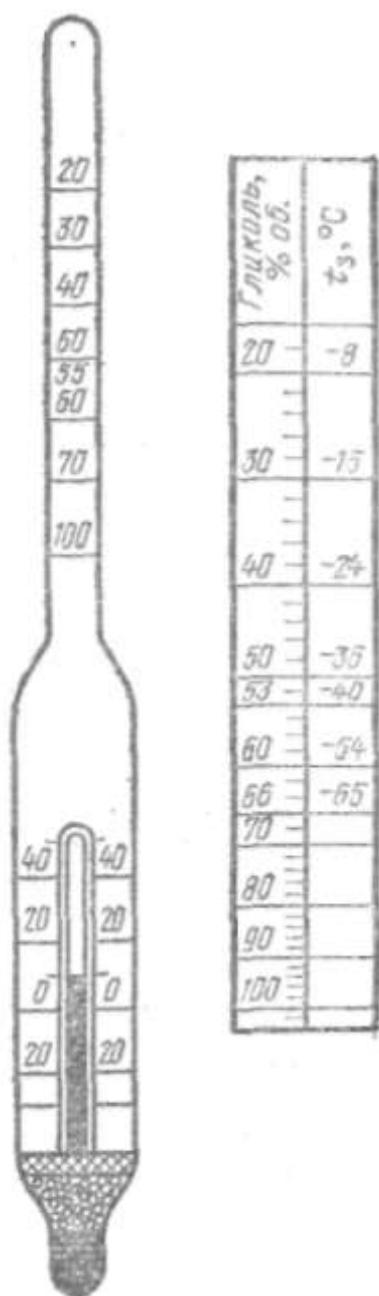


Рис. 6.2. Гидрометр и его шкала

коля по гидрометру 38 %. Истинное содержание этиленгликоля (при 20 °C) будет 35%. Если в таблице отсутствуют значения температуры и показаний гидрометра, то необходимо провести расчет с введением температурной поправки по формуле

$$C_{\text{ист}} = C_1 [1 + 0,08(t - 20)],$$

где  $C_{\text{ист}}$  - истинная концентрация этиленгликоля;  $C_1$  - концентрация этиленгликоля, полученная при температуре  $t$ ; °C;

$t$  - температура, при которой проводится замер, °C.

После того как найден истинный состав антифриза, по шкале гидрометра определяют температуру его замерзания.

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

$$\chi = \frac{a - b}{b} V, \quad (6.8)$$

где  $\chi$  - количество добавляемого компонента (мл), приходящееся на объем  $V$  исходного образца (мл);

$a$  - объемный процент воды в исходном образце;

$b$  - объемный процент воды в заданной смеси;

при добавлении воды

$$\chi = \frac{c-d}{d} V, \quad (6.9)$$

где  $\chi$  — количество добавляемой воды (мл), приходящееся на объем  $V$  (мл) анализируемого образца;

$c$  — объемный процент этиленгликоля в исходном образце;

$d$  — объемный процент этиленгликоля в заданной смеси (для тосола А-40:  $b = 35\%$ ,  $d = 65\%$ ; для тосола А-65:  $b = 45\%$ ;  $d = 55\%$ ).

#### **4. Исследование качества тормозных жидкостей:**

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

Проведение испытаний. Выполняют три определения.

Определение марки жидкости по цвету. Цвет тормозных жидкостей указан в табл. 6.1.

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

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

#### **5. Отчет о работе.**

По полученным данным составляется отчет, в котором отражаются возможность и область использования низкозамерзающей жидкости (тормозной жидкости).

#### **6. Контрольные вопросы**

1. Каковы особенности низкозамерзающих жидкостей и от чего зависит температура их замерзания?
2. Какие марки низкозамерзающих жидкостей выпускаются промышленностью?
3. Каковы состав и свойства низкозамерзающих жидкостей?

4. В чем принципиальное различие между антифризом и тосолом?
5. Какие вы знаете способы предупреждения образования накипи при использовании в системе охлаждения воды?
6. Что называется жесткостью воды и каковы единицы ее измерения?
7. Как удалить из системы охлаждения накипь?
8. Назовите эксплуатационные требования к охлаждающим жидкостям.
9. Приведите основные требования, предъявляемые к тормозным жидкостям.
10. В чем принципиальное различие между тормозной жидкостью ГТЖ-22М и БСК? Можно ли их смешивать?

## **2.7 Лабораторная работа №8 ( 2 часа).**

**Тема: «Трансмиссионные масла»**

### **2.7.1 Цель работы:**

- 1) Закрепление знаний по качеству основных марок трансмиссионных масел
- 2) Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству трансмиссионных масел (ГОСТами на показатели качества и методы их определения);

**2.7.2 Задачи работы:** Приобретение навыков по оценке качества трансмиссионного масла

### **2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. портативная лаборатория анализа масла ПЛАМ

### **2.7.4 Описание (ход) работы:**

агрегатов трансмиссий легковых и грузовых автомобилей, автобусов, тракторов, тепловозов, дорожно-строительных и других машин, а также в различных зубчатых редукторах и червячных передачах промышленного оборудования.

Трансмиссионные масла представляют собой базовые масла, легированные различными функциональными присадками.

В качестве базовых компонентов используют минеральные, частично или полностью синтетические масла.

### **1. Общие требования**

В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции. Способность масла выполнять и длительно сохранять функции конструкционного материала определяется его эксплуатационными свойствами. Общие требования к трансмиссионным маслам определяются конструкционными особенностями, назначением и условиями эксплуатации агрегата трансмиссии.

Трансмиссионные масла работают в режимах высоких скоростей скольжения, давлений и широком диапазоне температур. Их пусковые свойства и длительная работоспособность должны обеспечиваться в интервале температур от -60 до +150 °C. Поэтому к трансмиссионным маслам предъявляют довольно жесткие требования.

### **2. Основные функции трансмиссионных масел:**

- предохранение поверхностей трения от износа, заедания и других повреждений;
- снижение до минимума потерь энергии на трение;
- отвод тепла от поверхностей трения;
- снижение шума и вибрации зубчатых колес, уменьшение ударных нагрузок;
- масла не должны быть токсичными.

**Для обеспечения надежной и длительной работы агрегатов трансмиссий смазочные масла должны обладать определенными характеристиками:**

- иметь достаточные противозадирные, противоизносные и противопиттинговые свойства;
- обладать высокой антиокислительной стабильностью;
- иметь хорошие вязкостно-температурные свойства;

- не оказывать коррозионного воздействия на детали трансмиссии;
- иметь хорошие защитные свойства при контакте с водой;
- обладать достаточной совместимостью с резиновыми уплотнениями;
- иметь хорошие антипенные свойства;
- иметь высокую физическую стабильность в условиях длительного хранения.

Все эти свойства трансмиссионного масла могут быть обеспечены путем введения в состав базового масла соответствующих функциональных присадок: депрессорной, противозадирной, противоизносной, антиокислительной, антикоррозионной, противоржавейной, антипенной и др.

### 3. Классификация трансмиссионных масел

Многообразие вырабатываемых трансмиссионных масел, предназначенных для разнообразной техники, вызвало необходимость разработки и использования классификаций масел, которые позволяют правильно решить вопрос выбора сорта масла для данной конструкции трансмиссии.

Отечественная классификация трансмиссионных масел отражена в ГОСТ 17479.2-85.

В зависимости от уровня кинематической вязкости при 100 °C трансмиссионные масла разделяют на четыре класса Таблица 7.1.

Таблица 7.1 -Классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °C, $\text{мм}^2/\text{с}$	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 $\text{Па}\cdot\text{с}$ , °C, не выше
9	6,00-10,99	-35
12	11,00-13,99	-26
18	14,00-24,99	-18
34	25,00-41,00	-

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100 °C и отрицательная температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150  $\text{Па}\cdot\text{с}$ . Эта вязкость считается предельной, так как при ней еще обеспечивается надежная работа агрегатов трансмиссий.

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей, тракторов и другой мобильной техники отнесены к пяти группам: ТМ-1 - ТМ-5, указанным в таблице.

Группу масел устанавливают по результатам оценки их свойств по ГОСТ 9490-75 при разработке новых трансмиссионных масел и постановке их на производство, а также при периодических испытаниях товарных масел 1 раз в 2 года.

По классификации ГОСТ 17479.2-85 масла маркируют по уровню напряженности работы трансмиссии и классу вязкости Таблица 7.2. Например, в маркировке масла ТМ-5-18 ТМ означает начальные буквы русских слов "трансмиссионное масло", первая цифра - группа масла по эксплуатационным свойствам, вторая цифра - класс вязкости масла.

Таблица 7.2 -Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контакт-

		ных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90 °C
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130 °C
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и Гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °C

До введения ГОСТ 17479.2-85 на классификацию и систему обозначений трансмиссионных масел маркировка масел в нормативно-технической документации была другой. Обозначение трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 и соответствие их ранее принятым маркам приведены в таблице.

Для решения вопроса взаимозаменяемости отечественных и зарубежных масел дано примерное соответствие классов вязкости и эксплуатационных групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 классам вязкости по классификации SAE и группам по классификации API таблица 7.3.

Таблица 7.3 - Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 принятым в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.2-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101110-81
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38.001280-76
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО	ТУ 38.101701-77
ТМ-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652-79
ТМ-2-34	ТС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3-9	ТСзп-8	ТУ 38.1011280-89
ТМ-3-9	ТСп-10	ТУ 38.401809-90
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТАп-15В	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-9	ТСз-9гип	ТУ 38.1011238-89
ТМ-5-18	ТСп-14гип, ТАД-17и	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-34	ТСгип	ОСТ 38.01260-82
ТМ-5-12з(рк)	ТМ5-12рк	ТУ 38.101844-80

#### 4. Ассортимент трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла без присадок в последние годы производят и применяют чрезвычайно редко (для устаревших видов техники), и выработка таких масел осуществляют по специальным заказам покупателей. Так, на некоторых нефтеперерабатывающих заводах продолжается выпуск вязкого остатка от прямой перегонки нефти: нафтенового основания. Продукт реализуют под старым торговым названием Нигрол. Выпускают 2 вида Нигрола - зимний и летний, различающиеся между собой уровнем вязкости и температурами вспышки и застывания.

Рассматривая рыночный ассортимент трансмиссионных масел сегодняшнего дня, следует, прежде всего, отметить его заметное сокращение. Так, совершенно перестали вырабатывать старые, хорошо известные масла АК-15, ТС-14,5, сократились объемы производства ранее широко используемых масел ТАп -15В, ТЭп-15 и др. Объясняется это значительным сокращением в эксплуатации старых автомобилей, тракторов, экскаваторов и других видов транспортных, строительных и сельскохозяйственных технических средств.

В то же время нельзя не заметить появления на нефтяном рынке страны различных зарубежных трансмиссионных масел аналогичного назначения, которые в ряде случаев успешно конкурируют с маслами отечественного производства.

Тем не менее, ряд маловязких, низкозастывающих масел специального назначения продолжают вырабатывать и успешно реализуют в сложных условиях современного рынка.

Таблица 7.4 Соответствие\* классов вязкости и групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 классификациям SAE J306C и API

Класс вязкости по ГОСТ 17479.2-85	Класс вязкости по SAE J306C	Группа по ГОСТ 17479.2-85	Группа по API
9	75W	TM-1	GL-1
12	80W/85W	TM-2	GL-2
18	90	TM-3	GL-3
34	140	TM-4	GL-4
-	-	TM-5	GL-5

\* Приблизительное соответствие. Для полного соответствия необходимо проведение целого комплекса испытаний по определенным методикам.

#### Трансмиссионные масла класса вязкости 9

**Моторно-трансмиссионное масло МТ-8п** (ТУ 38.101277-85) - масло селективной очистки из восточных сернистых нефтей, содержит композицию противоизносных, антикоррозионных, антиокислительных и моющих присадок, депрессатор температуры застывания и антипенную добавку. Масло применяют как трансмиссионное в планетарных передачах гусеничных машин, а также в системе гидроуправления некоторых специальных машин.

**Масло ТСзп-8** (ТУ 38.1011280-89) - маловязкое, низкозастывающее, загущенное стойкой против деструкции вязкостной присадкой, содержит также противозадирную, противоизносную, антиокислительную и антипенную присадки. Масло предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий, имеющих планетарные редукторы коробок передач, и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств.

**Масло ТСз-9гип** (ТУ 38.1011238-89) - смесь высоковязкого и маловязкого низкозастывающего нефтяных масел, загущенная вязкостной полимерной присадкой, стойкой против деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло работоспособно в широком интервале температур от -50 до +120 °С в различных автомобильных трансмиссиях, включая и гипидные передачи.

**Масло ТСп-10** (ГОСТ 23652-79) вырабатывают из малосернистых нефей, при этом используют высоковязкий остаточный деасфальтированный компонент и маловязкий дистиллятный компонент с низкой температурой застывания. Кроме противозадирной присадки, масло содержит депрессорную присадку. Масло применяют всесезонно в Северных районах и как зимнее в средних климатических зонах для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях до 1500-2000 МПа и температурах масла в объеме до 100-110 °С.

Таблица 7.5 - Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 9

Показатели	ТСзп-8	ТСз-9гип	ТСп-10	МТ-8п
<b>Вязкость:</b>				
Кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при 100 °С, не менее	7,5-8,5	9,0	10,0	8,0-9,0
динамическая, Па·с, при -45 (-35) °С, не более	-	150 (300)	-	-
Индекс вязкости, не менее	140	140	90	90
<b>Температура, °С:</b>				
вспышки в открытом тигле, не ниже	164	160	128	180
застывания, не выше	-50	-50	-40	-30
<b>Массовая доля, %:</b>				
механических примесей, не более	0,025	0,05	0,02	0,015
воды	Следы			
серы (хлора), не менее	0,7	(2,8)	1,6	-
фосфора, не менее	0,08	-	-	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	1,0	-	0,01
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает			
<b>Смазывающие свойства на ЧШМ:</b>				
индекс задира, Н, не менее	392	490	470	343
показатель износа при 20 °С, 1 ч, и нагрузке 392 Н, мм, не более	0,50	0,90	-	-
Нагрузка сваривания, Н, не менее	2764	3283	3479	-
критическая нагрузка, Н, не менее	823	1235	-	-
<b>Примечания.</b>				
1. Для масла ТСп-10 нормируется термоокислительная стабильность на приборе ДК-НАМИ при 140 °С, в течение 20 ч: изменение кинематической вязкости при 100 °С - не более 27%, массовая доля осадка в петролейном эфире - не более 0,7%.				
2. Для масла МТ-8п нормируется: коррозия свинца С1 или С2 в 5,0 г/м <sup>2</sup> ; цвет (разбавление 15:85) m8,0 ед. ЦНТ; термоокислительная стабильность не менее 60 мин; моющие свойства по ПЗВ - не более 1,0 балла; коксуюемость масла без присадок - не более 0,30 %; зольность масла с присадками - (0,4-0,75) % и без присадок - не более 0,005 %; щелочность - не менее 2,0 мг КОН/г.				

### Трансмиссионные масла класса вязкости 18

Эти вязкие масла по объемам производства и потребления наиболее широко представлены в ассортименте трансмиссионных смазочных материалов. В основном, они представляют собой минеральные масла остаточного происхождения с композицией присадок.

Область применения охватывает все грузовые и легковые автомобили, тракторы, дорожно-строительные машины и другие виды мобильной техники, а также некоторые виды тяжелых редукторов промышленного оборудования. Эти масла, в основном, объединены ГОСТ 23652-79.

Масло **ТЭп-15** (ГОСТ 23652-79) вырабатывают на базе ароматизированных остаточных продуктов и дистиллятных масел. Функциональные свойства масла улучшены благодаря введению противоизносной и депрессорной присадок. Применяют в качестве всесезонного трансмиссионного масла для тракторов и других сельскохозяйственных машин в районах с умеренным климатом. Рабочий температурный диапазон масла  $-20\dots+100$  °C.

Масло **ТСп-15К** (ГОСТ 23652-79) - трансмиссионное масло, единое для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими зубчатыми колесами) автомобилей КАМАЗ и других грузовых автомобилей. Представляет собой остаточное масло с небольшой добавкой дистиллятного и композиции присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные, низкотемпературные и антиенные свойства. Работоспособно длительно при температурах  $-20\dots+130$  °C.

Масло **ТАп-15В** (ГОСТ 23652-79) - смесь высоковязкого ароматизированного продукта с дистиллятным маслом и композицией присадок, улучшающих противозадирные и низкотемпературные свойства. Применяют в трансмиссиях грузовых автомобилей и для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, в которых контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температура масла в объеме 130 °C. В средней климатической зоне используют всесезонно при температуре до  $-25$  °C.

Масло **ТСп-14гип** (ГОСТ 23652-79) вырабатывают с композицией противозадирной, моющей и антиенной присадок. Предназначено для смазывания гипоидных передач грузовых автомобилей (в основном, семейства ГАЗ) и специальных машин в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Диапазон рабочих температур масла  $-25\dots+130$  °C.

Масло **ТАД-17и** ( ГОСТ 23652-79) - универсальное минеральное. Содержит многофункциональную серу-фосфорсодержащую, депрессорную и антиенную присадки. Работоспособно до  $-25$  °C; верхний предел длительной работоспособности 130-140 °C. Предназначено для смазывания всех типов передач, в том числе гипоидных, автомобилей и другой мобильной техники.

Многие НПЗ и российские фирмы помимо масел, выпускаемых по ГОСТам и общеотраслевым техническим условиям, вырабатывают трансмиссионные масла под своей торговой маркой по собственным техническим условиям. Разработка ТУ предприятия-изготовителя связана с тем, что масло не по всем показателям отвечает требованиям ГОСТов на масла аналогичного назначения. Однако изготовление трансмиссионного масла по ТУ возможно лишь в том случае, если на него в установленном порядке оформлен допуск к производству и применению.

Таблица 7.6 - Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 18

Показатели	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАп-15В	ТСп-14гип	ТАД-17и
Вязкость:					
кинематическая, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре:					
50 °C	-	-	-	-	110-120
100 °C	15,0+1	15,0+1	15,0+1	$\geq 14,0$	$\geq 17,5$
динамическая, $\text{Па}\cdot\text{с}$ ,					
при $-15$ (-20) °C, не более	200	75	180	(75)	-

Индекс вязкости, не менее	-	90	-	85	100
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не менее	185	185	185	215	200
застывания, не выше	-18	-25	-20	-25	-25
Массовая доля, %:					
Механических примесей, не более	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие
воды	Следы			Отсутствие	Следы
фосфора, не менее	0,06	-	-	-	0,1
серы	m3,0	-	-	-	1,9-2,3
Водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие	-	-
Испытание на коррозию пластинок в течение 3 ч:					
из стали и меди при 100 °C	Выдерживает				
из меди при 120 °C, баллы, не более	-	2с	-	-	2с
Зольность, %	10,3	-	-	-	m0,3
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	-	-	2,0
Стабильность на приборе ДК-НАМИ (140 °C, 20 ч):					
изменение кинематической вязкости при 100 °C, %, не более	25,0	7,0	-	-	-
осадок в петролейном эфире, %, не более	0,7	0,05	-	-	-
Склонность к пенообразованию, см <sup>3</sup> , не более, при температуре:					
24 °C	-	300	-	500	100
94 °C	-	50	-	450	50
24 °C после испытания при 94 °C	-	300	-	550	100
Смазывающие свойства на ЧШМ:					
индекс задира, Н, не менее	-	539	490	588	568
нагрузка сваривания, Н, не менее	-	3479	3283	3920	3687
показатель износа при осевой нагрузке 392 Н, (20+5)°C, 1 ч, мм, не более	0,55	0,50	-	-	0,40
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	-	6,0	5,0
Плотность при 20 °C, кг/м <sup>3</sup> , не более	950	910	930	910	907

**Примечание.**

Для масла ТАД-17и нормируют: термоокислительная стабильность на шестеренной машине при 155 °С в течение 50 ч: изменение кинематической вязкости при 50 °С - не более 100 %; осадки в петролейном эфире и бензине - не более 3 и 2 % соответственно; изменение объема акрилатной резины марки 2801 и нитрильной марки 57 - 5025 в пределах +10...-2 % и +8 % соответственно; коксуемость m1,0 %.

**5. Контрольные вопросы**

1. Расскажите об условиях работы трансмиссионных масел.
2. Какие требования предъявляются к трансмиссионным маслам?
3. Как классифицируются трансмиссионные масла?
4. Расскажите об условиях работы гидравлических масел.
5. Какие требования предъявляются к гидравлическим маслам?
6. Расскажите о классификации гидравлических масел.