

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

«Брестский государственный технический университет»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

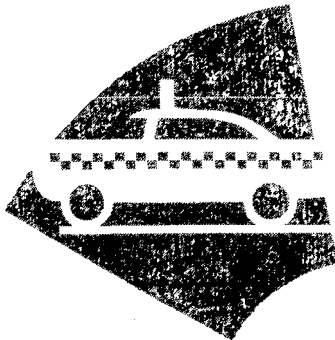
# **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## **Конспект лекций**

для студентов специальности

1 - 37 01 06 «**Техническая эксплуатация автомобилей**»  
(заочная форма обучения)

Часть 1



Брест 2009

**УДК 629.119**

Конспект лекций по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальности 1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» (заочная форма обучения), часть 1, содержит сведения о свойствах автомобильных топлив, смазочных материалов и предназначен для подготовки к зачету и к лабораторным работам по данному предмету, а также для подготовки к государственному экзамену по специальности.

Издаётся в 2-х частях, часть 1.

Составитель: С.В. Монтик, зав. кафедрой ТЭА, доцент, к.т.н.

## Содержание

Введение.....	4
Раздел 1 Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов.....	4
Тема 1. Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов. Физические свойства нефти, ее элементный и групповой состав.....	4
Тема 2. Методы переработки нефти.....	7
Раздел 2. Автомобильные топлива.....	12
Тема 1. Автомобильные бензины.....	12
Тема 2. Автомобильные дизельные топлива.....	20
Тема 3. Газообразные топлива.....	25
Тема 4. Газоконденсатные топлива.....	30
Тема 5. Основы применения нетрадиционных топлив.....	31
Раздел 3. Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др. механизмов.....	34
Тема 1. Назначение смазочных материалов. Основные виды трения и изнашивания.	34
Тема 2. Моторные масла.....	36
Тема 3. Трансмиссионные масла.....	50
Тема 4. Масла для гидравлических систем.....	56
Тема 5. Пластичные смазки.....	57
Литература.....	62

## ВВЕДЕНИЕ

Проблемы использования топлива и смазочных материалов настолько важны, что возникла новая прикладная отрасль науки, получившая название «Химмотология» (от слов "химия", "мотор" и "логия" (наука)).

*Химмотология – это направление науки и техники, занимающееся изучением эксплуатационных свойств и качества топлив, масел, смазок и специальных жидкостей, теорией и практикой их рационального применения в технике.*

Важнейшими задачами на современном этапе развития химмотологии являются следующие: обоснование оптимальных требований к качеству топливо-смазочных материалов (ТСМ); усовершенствование технических характеристик двигателей и машин, повышающих надежность, долговечность и экономичность их работы при условии использования ТСМ, удовлетворяющих установленным оптимальным требованиям; создание новых сортов ТСМ и разработка основ их унификации; выявление оптимальных условий, обеспечивающих снижение потерь и сохранение качества ТСМ при хранении, транспортировании, заправке и применении.

В рамках курса «Эксплуатационные материалы» рассматриваются основные положения и выводы химмотологии.

## РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### *Тема 1. Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов. Физические свойства нефти, ее элементный и групповой состав*

*Природная нефть* представляет собой раствор углеводородов различного состава и строения. На вид – это маслянистая жидкость, обычно темноокрашенная.

*Физико-химические свойства* нефти зависят от ее месторождения. Плотность большинства нефтей находится в диапазоне 770-840 кг/м<sup>3</sup>, плотность более тяжелых нефтей достигает 1040 кг/м<sup>3</sup>. *Теплота сгорания* нефти 43000-45500 кДж/кг.

**Brent** – эталонная (маркерная) марка (сорт) нефти, добываемой в Северном море. Является одной из основных марок нефти, торгуемых на международных нефтяных биржах. Цена нефти Brent является основой для ценообразования около 40% всех мировых марок нефти, в частности, российской нефти **Urals**. Именно поэтому данную марку называют «эталонной». Смесь **Brent** классифицируется как легкая малосернистая нефть, её плотность при 20 °С около 825-828 кг/м<sup>3</sup>, содержание серы около 0,37%. Тем не менее, по этим показателям она уступает американской смеси **WTI (West Texas Intermediate)**. **West Texas Intermediate (WTI)** – марка нефти, которая добывается в штате Техас (США), содержание серы – 0,4-0,5%, в основном используется для производства бензина, и поэтому на данный тип нефти высокий спрос. **Urals** – экспортная нефтяная российская смесь. Она считается менее качественной ввиду высокого содержания серы (более 2%), а также тяжелых и циклических углеводородов.

### **Элементный состав нефти**

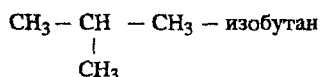
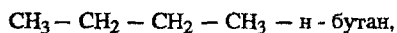
Основную часть нефти и нефтепродуктов составляют углерод (83-87% (масс.)), водород (11-14% (масс.)), сера (3-4% (масс.)), остальное – азот, кислород. В нефти обнаружено в незначительных количествах большинство известных химических элементов.

## Групповой состав нефти

Нефть, будучи сложной по химическому составу и структуре жидкостью, состоит в основном из углеводородов, подразделяемых на следующие группы (ряды): **парафиновые (алканы)**, **нафтеновые (цикланы)**, **ароматические (арены)**. Помимо углеводородов в состав нефти входят сернистые, кислородные и азотистые соединения. В нефтепродуктах могут содержаться, иногда в значительных количествах, **непредельные углеводороды**, образующиеся в процессе переработки нефти и нефтепродуктов. Свойства нефтепродуктов зависят от типа и строения содержащихся в них углеводородов.

**1. Парафиновые углеводороды (алканы)** имеют общую эмпирическую формулу  $C_nH_{2n+2}$ .

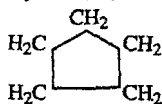
Цепочка алканов может быть прямой (такие алканы называют **нормальными** – *n*) и разветвленной (**изомерные** алканы).



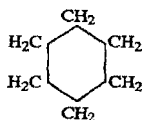
Алканы имеют **наиболее высокую теплоту сгорания**, не вызывают вредного влияния на резиновые изделия, обладают высокой стабильностью. При получении автомобильных бензинов желательна присутствие изопарафинов (*n*-парафины снижают детонационную стойкость бензинов). Содержание *n*-парафинов в более тяжелых дизельных топливах предпочтительно (однако в зимних сортах содержание их ограничивают, так как они влияют на низкотемпературные свойства).

**2. Нафтеновые углеводороды (цикланы)** представляют собой циклические насыщенные углеводороды. Общая эмпирическая формула их  $C_nH_{2n}$ .

Примерами нафтеновых углеводородов являются



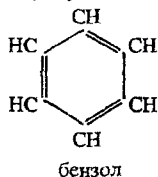
циклопентан  $C_5H_{10}$



циклогексан  $C_6H_{12}$ .

Нафтеновые углеводороды обладают меньшей теплотой сгорания по сравнению с парафиновыми углеводородами, но более высокой детонационной стойкостью, являются желательными компонентами в топливах для бензиновых двигателей и зимних сортов дизельных топлив. Наличие нафтеновых углеводородов в смазочных материалах определяет увеличение их вязкости и улучшение маслянистости.

**3. Ароматические углеводороды (арены)**. Их молекулы содержат бензольные кольца с тремя одинарными связями, чередующимися с двойными, например, бензол.



Арены обладают *самыми высокими октановыми числами* из всех групп углеводородов, однако они имеют самую низкую теплоту сгорания, высокую нагарообразующую способность и являются наиболее агрессивными по отношению к резиновым изделиям. В дизельном топливе вследствие термической стабильности аренов их присутствие является нежелательным.

**4. Непредельные углеводороды (олефины)** не содержатся в нефти, а образуются в процессе ее переработки. Непредельные соединения являются важнейшим сырьем при получении топлива методом нефтехимического и основного органического синтеза.

Примером олефинов являются *этилен*  $C_2H_4$ , *бутен*  $C_4H_8$ .

Для непредельных углеводородов характерны реакции присоединения, конденсации и полимеризации. В условиях эксплуатации низкая химическая стойкость олефинов, содержащихся в нефтепродуктах, играет отрицательную роль, понижая их стабильность, способствуют осмолению. Непредельные углеводороды нежелательны во всех нефтепродуктах, их удаляют путем очистки.

#### **5. Сернистые соединения.**

Сернистые соединения делят на **активные** и **неактивные**. К **активным** относят соединения, способные корродировать металлы при нормальных условиях - элементарная сера **S**, сероводород  $H_2S$  и меркаптаны **RSH** (**R** - углеводородный радикал, например  $C_2H_5SH$  - этилмеркаптан). В соответствии со стандартами присутствие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается.

**Неактивные** сернистые соединения состоят из *сульфидов* (до 76-80%), *дисульфидов* и *полисульфидов*. При нормальных условиях металлы, контактирующие с неактивными сернистыми соединениями, не корродируют, но при полном сгорании топлива в двигателе соединения серы образуют сернистый ( $SO_2$ ) и серный ( $SO_3$ ) ангидриды, способные вызывать коррозию и дающие в соединении с водой еще более активные коррозионные агенты - сернистую и серную кислоты.

В малосернистых нефтях содержание сернистых соединений колеблется от 0,1 до 0,5%, а в сернистых до 4% и более. После перегонки сернистых нефтей в бензиновых фракциях содержится 0,1% серы, в керосиновых доходит до 1,0%, а в соляровых - до 0,2-0,5%.

#### **6. Кислородные соединения.**

Кислородсодержащие соединения в нефтях редко составляют больше 10% (масс). Эти компоненты нефти представлены кислотами, фенолами, кетонами, эфирами и др.

**Органические кислоты** - простейшие кислородные соединения (**R-COOH**, где **R** - углеводородный радикал, а **COOH** - карбоксильная группа) присутствуют в любой нефти, во всех топливах и смазочных материалах. Больше всего в нефтях и нефтепродуктах нафтеновых кислот ( $C_nH_{2n-1}COOH$ ), представляющих собой высококипящие (выше 200 °C) маслянистые жидкости, сильно корродирующие некоторые цветные металлы (свинец, цинк и др.), образуя соли этих металлов, поэтому их количество в топливах и маслах ограничены стандартами.

**7. Смолисто-асфальтовые вещества (смолы, асфальтены и др.)** не относятся к определенному классу органических соединений. По внешнему виду смолы желто-коричневого цвета. Смолисто-асфальтовые вещества содержатся в нефти и в продуктах ее переработки, особенно их много в мазуте.

Смолы оказывают вредное воздействие на двигатели внутреннего сгорания: отлагаясь на деталях двигателя, способствуя нагарообразованию в камере сгорания; поршневые

кольца становятся неподвижными из-за смол, отлагающихся в поршневых канавках и др. Поэтому нефтепродукты подвергают очистке от смолисто-асфальтовых соединений.

## **Тема 2. Методы переработки нефти**

Более 90% нефти используют для получения автотракторных эксплуатационных материалов (топлив и смазочных материалов). При этом применяют физические и химические способы переработки.

**Физические способы** переработки заключаются в разделении сырья на составные части по температурам кипения без изменения первоначального химического состава. К ним относится **прямая (атмосферная и вакуумная) перегонка** нефти.

**Химические способы** основаны на изменении первоначального химического состава перерабатываемого сырья, в результате чего образуются продукты с заранее заданными свойствами. К ним относятся **термический и каталитический крекинг, гидрокрекинг**, а также **каталитический риформинг**.

На нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах все способы переработки сырья взаимосвязаны. При этом комплексно используются электроэнергия, теплота, вода. Принципиальная схема переработки нефти изображена на рисунке 1.1.

Добытую из недр земли нефть предварительно обезвоживают и обессоливают, а также стабилизируют, т. е. удаляют из нее растворенные газы.

### **1. Прямая перегонка нефти**

Она представляет собой разделение содержащихся в нефти углеводородных фракций, имеющих разную температуру кипения, путем постепенного или однократного нагревания на нефтеперегонных установках.

**Дистиллятом** называют фракцию, отогнанную в определенных температурных интервалах, которая при охлаждении превращается в жидкость. **Продуктами прямой перегонки** нефти являются **дистилляты**, выкипающие в следующих интервалах температур, °С: **бензиновый** 35-200, **лигроиновый** 120-240, **реактивное топливо** 60-315, **керосиновый** 140-300, **дизельное топливо** 150-360, **газойлевым** 230-360, **соляровый** 300-400. Из газойле-соляровых фракций получают дизельное топливо. В результате прямой перегонки нефти получается до 50% мазута, используемого в виде топлива (топочные мазуты) и сырья для установок крекинга или же перегоняемого на масляные фракции в вакуумной колонне. Подробнее о **вакуумной перегонке мазута** – см. п. 2.3.

Получаемые путем прямой перегонки дистилляты служат в основном лишь сырьем для товарных нефтепродуктов. Прямая перегонка нефти дает примерно 10...15% бензина, 15...20% реактивного топлива или керосина, 15...20% дизельного топлива и около 50% мазута.

### **2 Химические способы переработки нефти**

Использование химических способов переработки нефти, позволяющей значительно **увеличить выход топливных фракций** (так, выход бензина может возрасти с 15-25% до 60%), обусловлено возрастающей потребностью в производстве топлив и ограниченностью их содержания в исходном сырье.

**Крекинг** – процесс переработки нефти и ее фракций, основанный на разложении (расщеплении) молекул сложных углеводородов в условиях высоких температур и давлений. Различают следующие виды крекинга.

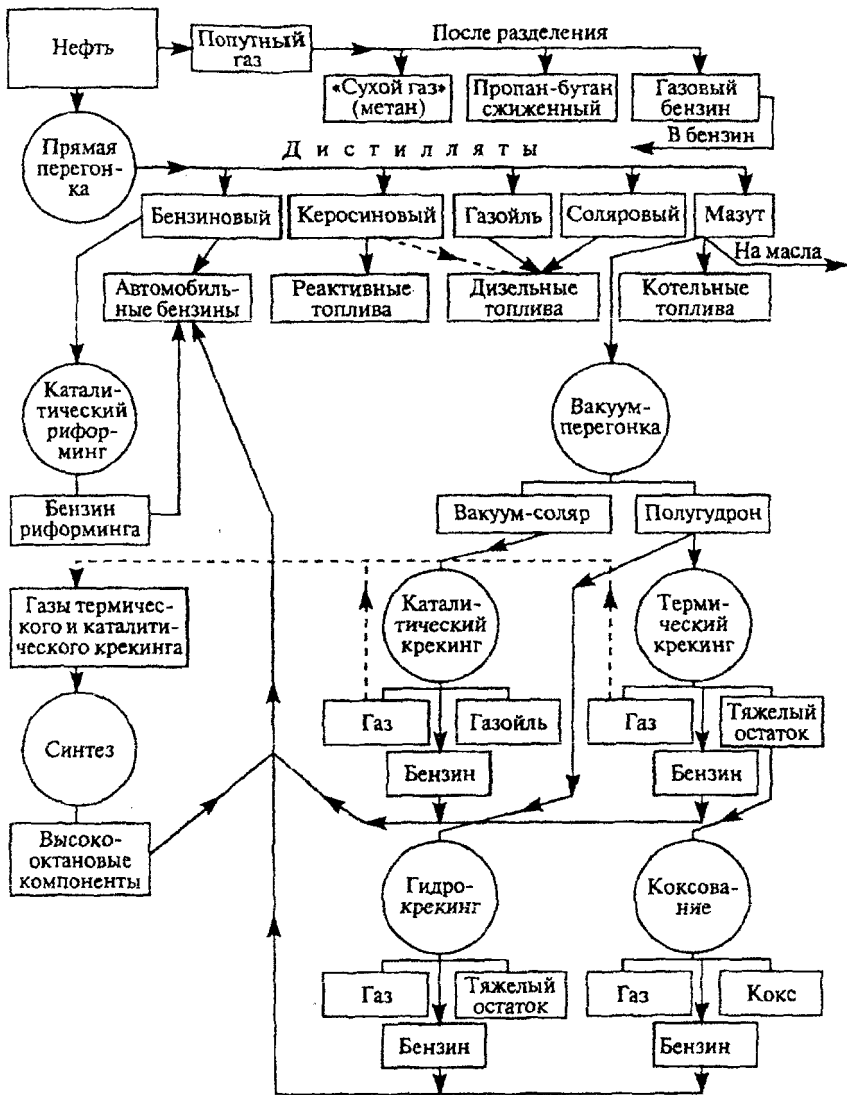


Рисунок 1.1 - Принципиальная схема переработки нефти

**Термический крекинг** - вид деструктивной переработки нефтяного сырья, при котором расщеление и изменение структуры углеводородов происходят под действием температуры и давления. Условия проведения: температура 470-540 °С, давление от 2 до 7 МПа. Сырьем для получения автомобильного бензина при термическом крекинге является мазут, керосино-газойлевые фракции и т.д.



Бензин, получаемый посредством термического крекинга, имеет недостаточно высокое октановое число (66...74) и большое содержание непредельных углеводородов (30...40%), т.е. он обладает плохой химической стабильностью, и его используют в основном только в качестве компонента при получении товарных бензинов.

**Каталитический крекинг** – это процесс получения бензина, основанный на расщеплении углеводородов и изменении их структуры под действием высокой температуры и катализатора.

В качестве сырья при каталитическом крекинге используют газойлеву и соляровую фракции, получаемые при прямой перегонке нефти, а иногда *соляровый дистиллят* вакуумной перегонки мазута, которые нагревают до температуры 450...525 °С под давлением 0,15 МПа в присутствии алюмосиликатного катализатора.

Продукция каталитического крекинга – бензиновый дистиллят (применяется как компонент товарных бензинов), богатый изоалканами, цикланами и ароматическими углеводородами и имеющий хорошую химическую стабильность, так как в нем практически отсутствуют непредельные углеводороды. Октановое число фракции составляет 78-85 (по моторному методу). Каталитический крекинг позволяет увеличить выход бензина с одновременным повышением его качества.

**Гидрокрекинг** – процесс переработки нефтепродуктов (газойлей, нефтяных остатков и др.), сочетающий крекирование и гидрирование сырья. Процесс проводится под давлением водорода 15-20 МПа при температуре 370-450 °С в присутствии алюмокобальтмолибденового или алюмоникельмолибденового катализатора. Октановые числа бензиновых фракций, получаемых при гидрокрекинге – 85-88 (по исследовательскому методу). Гидрокрекинг повышает выход светлых нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, реактивного топлива).

**Каталитический риформинг** проводят в среде водородсодержащего газа (70-90% (об.) водорода, остальное – низшие углеводороды) при температуре 480-540 °С, давлении 2-4 МПа и в присутствии молибденового (**гидроформинг**) или платинового (**платформинг**) катализатора. При этом происходит образование ароматических углеводородов из алканов и нафтенов. В качестве сырья для этого процесса переработки нефтепродуктов обычно используют бензиновые фракции первичной перегонки нефти, выкипающие в пределах 85-180 °С.

Бензин каталитического риформинга используют как высокооктановый компонент автомобильных бензинов (октановое число 85 по моторному методу и 95 по исследовательскому) или для выделения аренов, составляющих в этих бензинах 50-60% (масс).

Утилизация тяжелых остатков крекинга может быть проведена **коксованием**.

**Синтезирование** побочных газообразных продуктов крекинга и коксования направлено на получение высокооктановых компонентов: *изооктана* (октановое число 100), *алкилата* (алкилбензин), *алкилбензола* и других нефтепродуктов, которые используются в качестве добавок при получении технических сортов бензина. Синтезирование осуществляют в присутствии катализаторов.

### 3. Производство масел

**Моторные минеральные масла** состоят из основы (*базовые масла*) и *присадок*, на долю которых приходится в среднем 3-12% (иногда до 20%).

Базовые масла получают путем **вакуумной перегонке мазута** (см. рис. 1.2). Мазут сначала направляется в трубчатую печь, где подогревается до температуры 430 °С, а

затем подается в ректификационную вакуумную колонну, работающую под разрежением (абсолютное давление в колонне составляет 6...13 кПа). Продукты вакуумной перегонки мазута - это вакуум-соляр (соляровый дистиллят)(сырье для каталитического крекинга), дистилляты легких и средних промышленных масел, тяжелые дистилляты моторных масел. Неотгоняемый остаток - это гудрон и полугудрон. Полутудроном называют остаток, получаемый в результате неглубокого отбора масляных фракций. Полугудрон после глубокой очистки используют для производства высоковязких, так называемых *остаточных масел*, а гудрон - для дорожных покрытий. Выход дистиллятных масел составляет около 50%.

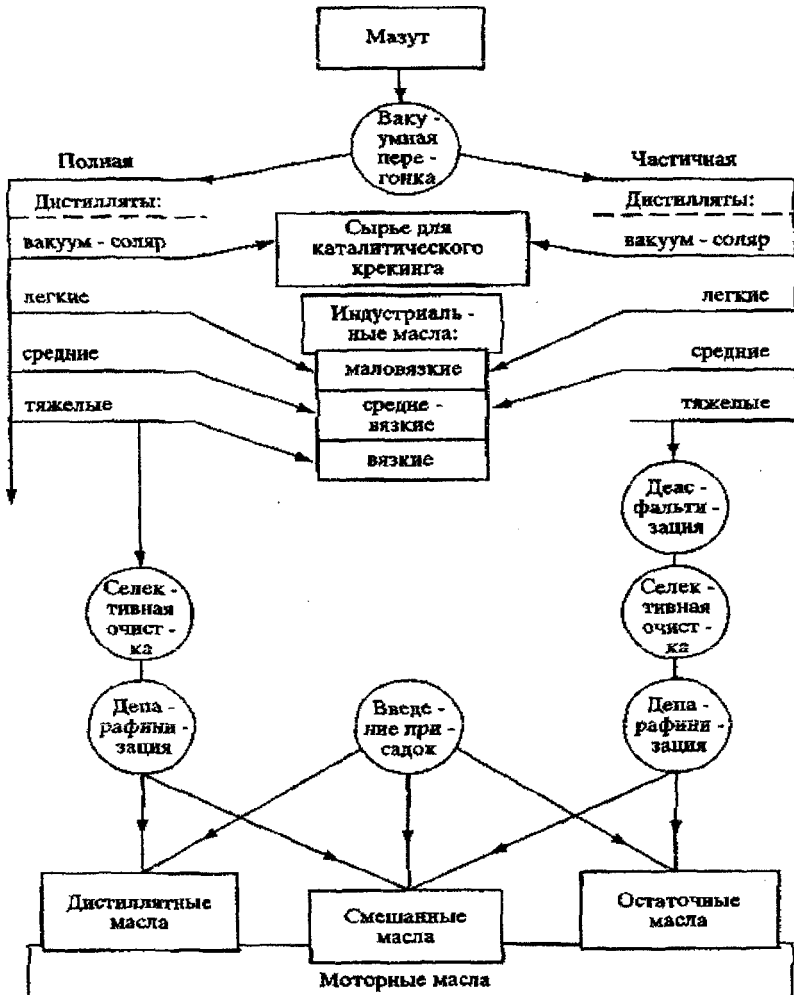


Рисунок 1.2 – Схема получения масел из мазута

Смазочные масла, которые готовятся непосредственно из дистиллятов, называются **дистиллятными маслами**. **Трансмиссионные масла** готовят из *остаточных масел (полугудрона)*. В некоторых случаях дистиллятные и остаточные масла смешивают в определенных пропорциях для получения базового масла с необходимым уровнем вязкости. Такие масла называют **смешанными**.

Как дистиллятные, так и остаточные масла в дальнейшем очищают от сернистых соединений, органических кислот, смолисто-асфальтовых веществ и других нежелательных примесей.

Один из наиболее эффективных путей повышения качества смазочных масел - добавление различных **присадок**.

**Трансмиссионные масла** получают путем смешения остаточных масел (полугудрона) с маловязкими маслами с введением в них присадок. **Второй способ получения трансмиссионных масел** - смешение экстракта после селективной очистки масляных дистиллятов с маловязкими маслами и введением в них присадок.

#### **4. Методы очистки автомобильных топлив и масел**

Для выработки топлива с необходимыми эксплуатационными свойствами от нежелательных компонентов очищают дистилляты, полученные путем прямой перегонки нефти. Существуют как химические, так и физические методы очистки.

**Химическая очистка** - очистка нефтепродуктов серной кислотой, щелочью, солями и поглотительными растворами, вступающими в химические реакции с вредными соединениями. Продукты реакции, образовавшиеся при обработке, удаляют из дистиллятов промывкой водой и водными растворами щелочи с последующим отстаиванием.

**Метод гидроочистки** широко применяют для удаления серы. Процесс протекает в атмосфере водорода при температуре от 300 до 430 °С, давлении до 5-7 МПа, в присутствии катализатора и водорода идет. При этом происходит **гидратирование** (насыщение) непредельных углеводородов, одновременно почти полностью удаляются соединения серы (на 90-92%).

**Кислотно-контактная очистка** используется для очистки масляных дистиллятов от смолистых веществ. Она заключается в обработке масляных дистиллятов серной кислотой с последующей промывкой раствором щелочи с целью удаления остатков серной кислоты.

**Физическая очистка** - это очистка нефтепродуктов специальными адсорбентами (поглотителями) и растворителями, адсорбирующими вредные соединения или растворяющими их. В качестве **адсорбентов** используют твердые вещества с тонкой пористой структурой (*активированный уголь, силика-гель, различные глины*). Смолистые, сернистые и азотистые вещества собираются на пористой поверхности адсорбента и их удаляют вместе с ним.

**Адсорбционная очистка** производится посредством фильтрования паров топлива через определенный слой адсорбента. Расход последнего составляет 1...2% от массы топлива.

Наиболее совершенным и получившим широкое распространение способом очистки масел является **селективная очистка**. При таком способе очистки продукты перегонки мазута обрабатывают селективными (избирательными) растворителями, воздействующими на вещества, наличие которых нежелательно. После отстоя в резервуаре растворитель с нежелательными примесями масла (**экстракт**) собирается в нижнем слое, а в верхнем слое - **очищенное масло (рафинат)**.

Низкотемпературные свойства топлив (прежде всего дизельных) и масел улучшают **депарафинизацией** - частичным удалением парафина. В качестве растворителей используют ацетон и жидкий пропан, дихлорэтан и другие жидкости, имеющие низкую температуру кипения. Смесь охлаждают и после застывания парафина фильтруют. Парафин остается на фильтре, а растворители снова используют для очистки после их отгонки.

## РАЗДЕЛ 2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

### Тема 1. Автомобильные бензины

**Бензин** представляет собой смесь углеводородов, выкипающих при температуре от 40 до 215 °С.

**Эксплуатационные требования к бензину:**

- нормальное и полное сгорание полученной смеси в двигателях (без возникновения детонации);
- образование топливовоздушной смеси требуемого состава;
- бесперебойную подачу бензина в систему питания двигателя;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов деталей двигателя;
- возможно меньшее образование отложений во впускном трубопроводе, камерах сгорания и других частях двигателя;
- сохранение качества при хранении, перекачках и транспортировке;
- образовывать минимальное количество продуктов сгорания, загрязняющих окружающую среду.

### 1. Свойства и показатели бензинов, влияющие на смесеобразование

Показателями бензинов, влияющими на смесеобразование, являются **плотность, вязкость, поверхностное натяжение и испаряемость**.

**Плотность** бензинов (от 690 до 810 кг/м<sup>3</sup> при температуре 20 °С) наряду с поверхностным натяжением оказывает влияние на качество распыления топлива. Чем меньше плотность бензина, тем более мелкую структуру будет иметь распыленное топливо, что обеспечит лучшее перемешивание его с воздухом. Плотность различных марок бензина примерно одинакова и определяется с помощью **ареометра** ( или **нефтеденсиметра**).

**Вязкость (внутреннее трение)** – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному перемещению ее слоев под действием внешних сил. Различают **динамическую** и **кинематическую** вязкости. **Динамическая вязкость**  $\eta$ , измеряется в  $Па \cdot с$  (старая ед. измерения – Пуаз, 1 П (пуаз) = 0,1  $Па \cdot с$ ). В стандартах на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость, которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности.

$$v_i = \frac{\eta_i}{\rho_i}$$

**Кинематическая вязкость** измеряется в м<sup>2</sup>/с. При температуре 20 °С вязкость бензина составляет от 0,5–0,7 мм<sup>2</sup>/с. (старые ед. измерения – Стокс; 1 сСт (сантистокс) = 1 мм<sup>2</sup>/с). Кинематическая вязкость определяется в капиллярном вискозиметре или в ротационном вискозиметре.

С понижением температуры вязкость нефтяных топлив и их плотность повышаются (вязкость повышается примерно в 10 раз быстрее, чем плотность).

**Поверхностное натяжение** (Н/м) определяется работой, необходимой для образования 1 м<sup>2</sup> поверхности жидкости (т.е. для перемещения молекул жидкости из ее объема в поверхностный слой площадью в 1 м<sup>2</sup>). Поверхностное натяжение всех автомобильных бензинов одинаково и при 20 °С составляет 20...24 мН/м, что в 3,5 раза меньше, чем у воды. Чем меньше вязкость и поверхностное натяжение, тем меньших размеров получаются капли при распыливании топлива

#### **Испаряемость топлива.**

**Испаряемость** – это способность вещества к переходу из жидкого состояния в газообразное. От испаряемости зависит скорость образования топливно-воздушной смеси. Испаряемость бензина оценивается *фракционным составом*.

**Фракционный состав бензинов** – это содержание в них тех или иных фракций, выраженное в объемных или массовых соотношениях. Фракционный состав топлив определяют на специальном приборе по ГОСТ 2177-82. Отмечают температуру начала перегонки  $t_{нп}$ , конца перегонки  $t_{кп}$ , температуры  $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ,  $t_{90}$ , при которых перегоняется 10, 50 и 90% объемных бензина соответственно. На рис. 2.1 представлен график перегонки бензина, отражающий его фракционный состав, т.е. количество  $q$  перегоняемого топлива (в процентах объемных) в зависимости от температуры перегонки  $t$ .

Характерные температурные точки разгонки топлива приводят в стандартах и паспортах качества, по этим точкам оценивают эксплуатационные качества бензина.

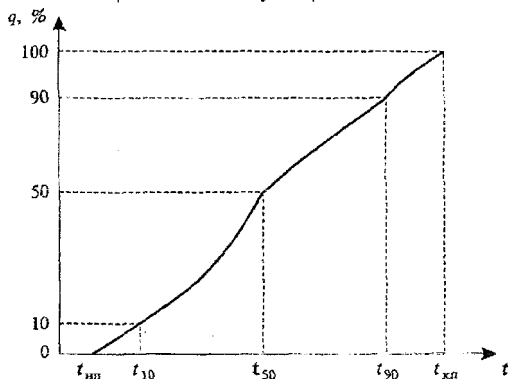


Рисунок 2.1 - График перегонки бензина

В бензинах различают три основные фракции: *пусковую, рабочую, концевую (тяжелая)*.

**Пусковая фракция** представляет собой первые 10% перегонки бензина. Чем ниже температура выкипания первых 10% топлива, тем легче будет осуществлен пуск холодного двигателя. Однако при содержании особо низких фракций возникает опасность преждевременного испарения бензина и образование паровых пробок. По температуре  $t_{10}$  можно определить минимальную температуру окружающей среды, при которой возможен пуск двигателя:

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

**Испаряемость рабочей фракции** (по кривой разгонки от 10 до 90%), которая по стандарту нормируется точкой  $t_{50}$ , определяет качество горючей смеси при разных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева, приемистость.

При снижении  $t_{50}$  сокращается время прогрева, увеличивается приемистость автомобиля и срок службы двигателя. Повышение  $t_{50}$  приводит к снижению ресурса двигателя, особенно при низких температурах окружающей среды.

Показатели  $t_{90}$  и  $t_{кп}$  определяют содержание в бензинах **тяжелых трудноиспаряемых фракций**. Чем выше  $t_{90}$  и  $t_{кп}$ , тем вероятнее неполное испарение бензина и неполное его сгорание в цилиндрах, а это увеличивает расход бензина. Кроме того, несгоревшие частицы оседают на стенках цилиндра и смывают с них масло. Чем меньше интервал температуры от 90%  $t_{90}$  до конца кипения  $t_{кп}$ , тем выше качество топлива, лучше экономичность и ниже темп изнашивания деталей двигателя.

**Давление насыщенных паров** бензина характеризует испаряемость пусковой и рабочей фракций бензина, определяет его пусковые свойства и нормируется стандартами: для летних бензинов – до 67,0 кПа, для зимних – 66,7–93,3 кПа. Чем выше этот показатель, тем быстрее и полнее испаряется бензин и тем легче запуск двигателя. Причиной ограничения верхнего уровня давления насыщенных паров бензина является возможность образования паровых пробок (особенно в летний период эксплуатации), а нижнего – ухудшение его пусковых свойств.

В зависимости от *фракционного состава и связанного с ним давления насыщенных паров* бензины делят на **летние и зимние сорта**. Учитывая, что широкое распространение получили автомобили с непосредственным впрыском бензина с электронным управлением, возможно использовать бензины с повышенной температурой конца кипения. Для бензинов, выпускаемых по ГОСТ 31077-2002 установлена норма на температуру конца кипения бензинов 215 °С, а по показателям испаряемости автомобильные бензины распределены на пять классов, которые определены в зависимости от сезона и климатического района применения.

## **2. Свойства и показатели бензинов, влияющие на подачу топлива**

К показателям бензинов, влияющим на подачу топлива кроме **давления насыщенных паров**, относятся показатели **содержания воды и механических примесей**.

**Механическими примесями** являются твердые вещества, образующие осадок или находящиеся во взвешенном состоянии. Это может быть пыль, технологическая грязь, продукты коррозии, разрушения шлангов, прокладок, фильтров, окисления и разложения углеводородов. Бензины и дизельные топлива не должны содержать механические примеси. Наличие механических примесей определяется визуально путем осмотра пробы на свету в стеклянной емкости. В топливе не должно быть частиц, видимых невооруженным глазом.

**Наличие воды** в топливе вызывает коррозию деталей и осмоление непредельных углеводородов, содержащихся в бензине. Наличие в топливе воды определяется также визуально.

## **3. Свойства и показатели бензинов, влияющие на процесс сгорания. Детонационная стойкость бензинов**

Различают **нормальное, детонационное и калильное сгорание рабочей смеси**.

Сгорание смеси считается **нормальным**, если воспламенение топлива происходит от свечи зажигания, при этом оно полностью сгорает со средней скоростью распространения фронта пламени 15-35 м/с (вплоть до 60 м/с). Такое сгорание обеспечивает полное тепловыделение и плавное увеличение давления в цилиндрах.

**Детонационным сгоранием** называется такое сгорание рабочей смеси, при котором кроме воспламенения топлива от искры происходит самовоспламенение отдельной его

части. При этом фронт пламени распространяется со скоростью 1500–2500 м/с. Детонационное сгорание характеризуется неравномерным протеканием процесса, скачкообразным изменением скорости движения пламени и возникновением ударной волны. При этом реакции окисления проходят не полностью, и в отработавших газах обнаруживаются продукты неполного сгорания топлива. Внешне детонация проявляется в возникновении звонких металлических стуков при работе двигателя на больших нагрузках.

Детонация приводит к потере мощности двигателя из-за неполноты сгорания и увеличения теплоотдачи стенкам цилиндра. При этом резко повышается температура головок цилиндра и охлаждающей жидкости, а в отработавших газах появляется дымление. Длительная работа с детонацией приводит к перегреву двигателя, вследствие чего может возникнуть преждевременное самовоспламенение рабочей смеси, а также механические повреждения отдельных деталей двигателя.

Переход от нормального сгорания к детонационному обусловлен химическим составом топлива и объясняется **перекисной теорией**, согласно которой при детонации образуются первичные продукты окисления топлива - **органические перекиси**. Перекиси, образующиеся в процессе предварительного окисления, накапливаясь в несгоревшей части рабочей смеси, распадаются со взрывом и выделением большого количества тепла. Тем самым активизируется вся смесь. Такой момент будет сопровождаться взрывным сгоранием, т. е. детонацией (рис. 2.2).

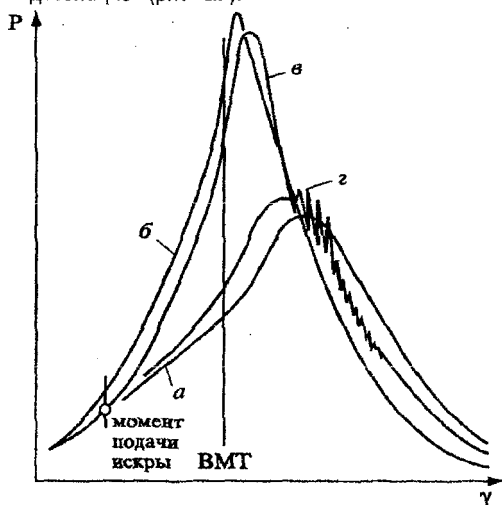


Рисунок 2.2 – Индикаторная диаграмма основных видов сгорания в карбюраторном двигателе: а - нормальное сгорание; б, в - калильное зажигание; г – детонационное сгорание; р - давление; γ - угол поворота коленчатого вала.

Фактором, влияющим на возникновение и интенсивность детонации, является **детонационная стойкость** топлив. **Детонационная стойкость бензинов** зависит от их углеводородного состава. Ароматические углеводороды обладают наибольшей детонационной стойкостью, меньшей детонационной стойкостью обладают изопарафиновые и олефиновые и самой низкой - парафиновые углеводороды.

**Капильное сгорание** – это воспламенение рабочей смеси от перегретых деталей и нагара в камере сгорания, когда при выключении зажигания сгорание смеси не прекращается, а она воспламеняется на такте очередного сжатия. При этом процесс сгорания и расширения смеси может наступить до завершения такта сжатия с последствиями, аналогичными для детонационного сгорания.

#### **Оценка детонационной стойкости бензина.**

Детонационная стойкость оценивается октановым числом.

**Октановое число** – условный показатель детонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию изооктана  $C_8H_{18}$ , октановое число которого принято за 100, в его смеси с н-гептаном  $C_7H_{16}$ , октановое число которого равно 0, эквивалентной по детонационной стойкости испытываемому бензину. Смеси изооктана и н-гептана различных соотношений будут иметь детонационную стойкость от 0 до 100. Например, октановое число бензина равно 80. Это значит, что данный бензин по детонационной стойкости эквивалентен смеси изооктана и н-гептана, в которой изооктана 80%.

Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами – моторным (на установке ИТ9-2) и исследовательским (на установке ИТ9-6). Установка УИТ-65 позволяет определять октановые числа по обоим методам.

Эти методы (**исследовательский и моторный**) отличаются режимом работы одноцилиндровой установки, на которой определяется детонационная стойкость бензинов. Режим установки, при котором определяется октановое число, по **моторному методу** более напряженный (*близкий к работе грузовых автомобилей*), чем **исследовательский метод** (*близкий к работе легковых автомобилей*). При моторном методе (проводится по ГОСТ 511-82) сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонными образцами при температуре горючей смеси 150 °С и частоте вращения 900 мин<sup>-1</sup>. **Исследовательским методом** (проводится по ГОСТ 8226-82) детонационную стойкость определяют при температуре горючей смеси 25-35 °С (смесь не подогревается) и частоте вращения 600 мин<sup>-1</sup>. В этом случае в марке бензина присутствует буква «И». Например, АИ-92 – автомобильный бензин с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 92.

Октановое число бензина, установленное по моторному методу, ниже октанового числа, определенного исследовательским методом, на 7-8 единиц.

Наиболее объективно детонационную стойкость характеризует **дорожное октановое число** - определяемое в дорожных условиях.

Установлена примерная зависимость между требуемым октановым числом бензина, степенью сжатия и диаметром цилиндра двигателя:

$$OЧ = 125,4 - 413 / \varepsilon + 0,183D,$$

где ОЧ – октановое число;  $\varepsilon$  – степень сжатия; D – диаметр цилиндра, мм. Для увеличения степени сжатия на единицу необходимо повысить октановое число на 4-8 единиц.

#### **4. Способы повышения детонационной стойкости бензинов**

**Первый способ** - применение современных технологий получения топлив, например, *каталитического крекинга, риформинга* и др. Современная технология дает возможность получить базовые бензины с ОЧ 75-80 по моторному методу и 80-94 – по исследовательскому методу.



**Второй способ** повышения ОЧ заключается в добавлении в базовые бензины высокооктановых компонентов, таких, как *изооктан*, *алкилбензол* и др., которые обладают ОЧ по моторному методу около 100 ед. Такие компоненты могут быть добавлены в базовый бензин до 40%, значительно повышая его детонационную стойкость.

**Третьим способом** повышения детонационной стойкости бензинов является добавление к ним *антидетонационных присадок* и *октаноповышающих добавок*.

**Антидетонаторы** – это *металлоорганические соединения*, *незначительное количество которых в бензинах резко повышает их детонационную стойкость*.

Самым известным и эффективным антидетонатором является **тетраэтилсвинец (ТЭС)** –  $Pb(C_2H_5)_4$ , который представляет собой тяжелую маслянистую бесцветную и очень ядовитую жидкость. Введение ТЭС в количестве 0,3% повышает октановое число бензина на 15...20 единиц. Смесь ТЭС с носителем (образует летучие соединения свинца, легко удаляемые из двигателя) называется **этиловой жидкостью**. Применялись **этиловые жидкости Р-9, П-2**. Использовался также **тетраметилсвинец (ТМЦ)**. Бензины, в которые добавлена этиловая жидкость, называют этилированными. Для предупреждения о ядовитости **этилированные бензины** окрашивают, причем каждую марку в свой цвет. Этилированные бензины являются источником свинцовых загрязнений окружающей среды и препятствием к использованию *каталитических систем нейтрализации отработавших газов на автомобилях*, так как их каталитическая основа быстро отравляется оксидами свинца. Из-за огромного экологического вреда, нанесенного применением металлоорганических антидетонаторов на основе свинца, этилированные бензины в настоящее время не используются.

В качестве альтернативы ТЭС используются следующие антидетонационные присадки, обладающие высоким антидетонационным эффектом и меньшей токсичностью по сравнению с ТЭС (см. таблицу 2.1).

Таблица 2.1 - Антидетонаторы и их негативные воздействия

Антидетонатор	Негативное воздействие
ТЭС (тетраэтилсвинец)	Сильное канцерогенное действие, опасное загрязнение флоры, губителен для нейтрализаторов отработавших газов автомобиля
МЦТМ, ЦТМ на основе марганца	Недостаточная стабильность в топливе, снижение ресурса свечей зажигания, некоторое повышение концентрации твердых частиц и нейротоксичность отработавших газов, снижение ресурса нейтрализатора
Железосодержащие присадки (ферроцены)	Повышенный износ деталей двигателей, интенсивное нагарообразование и отложение лаковых пленок
Ароматические амины (азотсодержащие присадки)	Увеличение смолообразования и окисляемость топлива
МТБЭ (метилтретбутиловый эфир)	Увеличение отложений и выбросов окислов азота и альдегидов
Фетерол (смесь МТБЭ с третбутиловым эфиром)	То же

**Метилтретбутиловый эфир (МТБЭ)** не ядовит, отличается более высокой теплотой сгорания, хорошим смешением с бензином в любых соотношениях, не агрессивен к кон-

струкционным материалам. При введении **МТБЭ** в бензин в количестве 11% на 10-12 °С снижается температура холодного запуска двигателя. При добавке 10% МТБЭ октановое число бензинов повышается на 2,1-5,8 ед. (по исследовательскому методу), а при добавке 20% – на 4,6-12,6 ед.

## **5. Свойства и показатели бензинов, влияющие на образование отложений в двигателе**

Способность жидкого топлива сохранять свой состав и свойства в процессе хранения и транспортировки называется **стабильностью**. Различают физическую и химическую стабильность.

**Физическая стабильность** топлива - это его способность сохранять фракционный состав (изменения вызываются потерей наиболее низкокипящих фракций в результате их испарения) и однородность. *Физическую стабильность бензина оценивают по давлению насыщенных паров и наличию легких фракций.* Недостаточная физическая стабильность в ряде случаев предопределяется относительно высокой испаряемостью бензина.

**Химическая стабильность** топлива - это его способность сохранять без изменений свой химический состав.

Химическая стабильность бензинов зависит от состава и строения входящих в них углеводородов. Наиболее склонны к окислению *непредельные углеводороды*. Окисление топлива с ростом его температуры усиливается. Химическая стабильность бензинов с увеличением концентрации в топливе воды и механических примесей уменьшается.

Содержание в топливе кислот и других продуктов с кислотной реакцией характеризуется показателем, называемым **кислотностью топлива**, с увеличением которого возрастает его коррозионная агрессивность и повышается износ двигателя. Его значение определяют количеством щелочи КОН в мг, которое необходимо для нейтрализации 100 см<sup>3</sup> топлива. Например, для бензина АИ-95 по ТУ 38.001165-2003 кислотность должна быть не более 3 мг КОН на 100 см<sup>3</sup>.

Наличие в топливе сернистых соединений (особенно дисульфидов и меркаптанов) ухудшает его стабильность и способствует смолообразованию.

В результате окисления бензинов образуются растворимые органические кислоты, смолистые вещества. **Содержанием фактических смол** - продуктов реакций окисления, полимеризации и конденсации определяют степень осмоления бензинов.

*Содержание фактических смол*, нормируемое стандартами, определяют испарением горячим воздухом определенного количества топлива при повышенной температуре (для бензина 150 °С, дизельного топлива 250 °С) по остатку, полученному после испарения. Например, для бензина АИ-95 по ТУ 38.001165-2003 концентрация фактических смол должна быть не более 5,0 мг на 100 см<sup>3</sup>.

Способность бензина сохранять свой состав неизменным при соблюдении условий перевозки, хранения и использования оценивают **индукционным периодом**. Этот показатель определяют по времени в минутах от начала окисления бензина до активного поглощения им кислорода в лабораторной установке (герметичном сосуде) при искусственном окислении бензина (температура 100±1 °С в атмосфере сухого и чистого кислорода при давлении 0,7 МПа). По ГОСТ 31077-2002 индукционный период для бензина «Нормаль-80» – 360 мин, для АИ-92, АИ-95 – не менее 600 мин.

Одним из способов повышения химической стабильности бензина является **введение специальных многофункциональных антиокислительных присадок** - соединений фенольного, аминного и аминифенольного типов, способных обрывать цепные реакции окисления, тормозить окислительные процессы в бензинах, увеличивая тем самым индукционный период окисления. Такие присадки придают топливам кроме того противозносные (смазывающие) и защитные (противокоррозионные) свойства.

## **6. Коррозионные свойства топлив**

Наибольшую опасность с точки зрения коррозионного воздействия представляют: **вода, водорастворимые неорганические кислоты и щелочи, сернистые соединения**, а также **органические кислоты**.

*Водорастворимые неорганические кислоты и щелочи* являются электролитами. Их капельки осаждаются на поверхности металла и вызывают электрохимическую коррозию. Неорганические кислоты и щелочи могут попасть в топливо при его очистке.

*Органические кислоты* (нафтеновые кислоты в частности), содержащиеся в нефти, при переработке попадают в бензины и дизельное топливо.

**Нафтеновые кислоты** – слабые электролиты, которые обладают невысокой коррозионной активностью, что позволяет не удалять их из нефтепродуктов. Кроме того, они оказывают благоприятное смазывающее воздействие. Содержание органических кислот в топливе определяется **кислотностью**.

В топливах различают **активные и неактивные сернистые соединения** (более подробно – см. раздел 1).

Наличие активных сернистых соединений определяют качественным методом – **испытанием на медную пластинку**. Если цвет пластинки после ее нахождения в бензине при температуре 50 °С в течение 3 ч стал черным, черно-коричневым или серо-стальным, значит топливо не выдержало испытания. Массовая доля меркаптановой серы должна быть не более 0,0010%, а массовая доля серы – не более 0,050%.

## **7. Марки бензинов**

Современные автомобильные бензины, как правило, готовят смешиванием нескольких компонентов. Это позволяет получать бензин с заданными показателями качества при рациональном использовании свойств каждого компонента.

С сентября 2003 года в Беларуси и в ряде других стран СНГ действует межгосударственный стандарт **ГОСТ 31077-2002**, разработанный с учетом рекомендаций европейского стандарта **EN 228-1993**. В соответствии с ним производятся четыре сорта товарного бензина (неэтилированного): **"Нормаль-80" (АИ-80)**, **"Регуляр-92" (АИ-92)**, **"Премиум-95" (АИ-95)** и **"Супер-98" (АИ-98)**. Помимо октанового числа, стандарт регламентирует параметры топлива, связанные с его фракционным составом – максимально допустимые концентрации свинца, серы, бензола.

Белорусские нефтеперерабатывающие заводы ОАО «Нафтан», ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» выпускают следующие марки неэтилированного бензина: **Нормаль-80 по ГОСТ 31077-2002**, **А-76 по ГОСТ 2084-77**, **А-95 (АИ-95)** и **А-92 (АИ-92)** по ТУ 38.001165-2003.

Маркировка бензинов состоит из буквы **А** (для автомобильных бензинов), а также цифр, соответствующих минимальному октановому числу, определенному по моторному (А-76) или исследовательскому методу (АИ-95).

## **Тема 2. Автомобильные дизельные топлива**

### **1. Эксплуатационные требования к качеству дизельного топлива**

**Дизельные топлива (ДТ)** предназначены для дизелей и являются нефтяными фракциями, выкипающими при температуре от 200 до 350 °С.

Для обеспечения в быстроходных дизельных двигателях полного и качественного сгорания топлива к нему предъявляются следующие важнейшие **эксплуатационные требования**, которые обеспечивают:

- бесперебойную подачу топлива как из бака к топливной аппаратуре, так и в цилиндры двигателя;
- надежное смесеобразование, т.е. обладание оптимальными вязкостью, плотностью, фракционным составом, поверхностным натяжением и давлением насыщенных паров;
- хорошую воспламеняемость, что обеспечивает мягкую работу двигателя, полное сгорание без образования сажи и особо токсичных и канцерогенных продуктов в отработавших газах;
- минимальное образование нагара и отложений в зоне распылителей форсунок и в камере сгорания;
- минимальную коррозионную активность;
- возможно большую физическую стабильность при длительном хранении и транспортировке;
- невысокую токсичность.

### **2. Свойства и показатели ДТ, влияющие на подачу и смесеобразование**

На подачу топлива в двигатель существенно влияют **низкотемпературные, вязкостно-температурные свойства дизельных топлив, а также его физическая и химическая стабильность, наличие механических примесей и воды.**

На смесеобразование оказывает влияние **вязкость, плотность, поверхностное натяжение, испаряемость (фракционный состав) и давление насыщенных паров топлив.**

#### **Вязкость.**

Если вязкость топлива слишком высокая, то оно будет с трудом проходить через фильтры, форсунки и т.д. Низкая вязкость ДТ ухудшает смазывание плунжерной пары насоса высокого давления и уменьшает цикловую подачу топлива. Кроме того, от вязкости зависит качество распыления.

Для определения вязкости дизельных топлив используют вискозиметры (например, ВПЖ-4). Кинематическая вязкость ДТ находится в пределах 2,5-4,0 мм<sup>2</sup>/с. Для летнего ЛДТ по ГОСТ 305-82 и летнего экологически чистого дизельного топлива ДЛЭЧ по ТУ 38.1011348-2003 вязкость составляет 3,0-6,0 мм<sup>2</sup>/с, а для зимнего З – 1,8-5,0 мм<sup>2</sup>/с при 20°С.

#### **Низкотемпературные свойства.**

Низкотемпературные свойства характеризуются **температурой помутнения, предельной температурой фильтруемости и температурой застывания.**

**Температура помутнения** – это **наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность.** При этом топливо не теряет своей текучести. При данной температуре в топливе изменяется фазовый состав: наряду с жидкой фазой появляется

твердая фаза. Топливо мутнеет из-за выделения микроскопических кристаллов льда (если в топливе имеется вода) и кристаллов n-парафиновых углеводородов. Однако размеры кристаллов таковы, что они проходят через фильтры. Бесперебойная подача топлива обеспечивается при температуре помутнения топлива на 5-10 °С ниже температуры воздуха.

**Температура застывания** – это *наивысшая температура, при которой топливо теряет свою текучесть.*

**Предельная температура фильтруемости** – это *температура, при которой топливо при охлаждении в соответствующих условиях способно еще проходить через фильтр с установленной скоростью.* Предельная температура фильтруемости ниже температуры помутнения, но выше температуры застывания.

Низкотемпературные свойства можно улучшить, удалив из топлива часть парафиновых углеводородов, т.е. *депарафинизацией.* Однако следует помнить, что при депарафинизации удаляются высокоцетановые компоненты и снижается цетановое число дизельного топлива.

Второй путь - добавление в дизельные топлива **депрессорных присадок**, которые существенно *снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости топлива* и практически не влияют на температуру помутнения. В качестве депрессорных присадок используются присадки полимерного типа.

Добавление депрессорных присадок в дизельное топливо приводит к снижению температуры застывания дизельного топлива с -10 до -35 °С, а предельная (соответствующая температуре применения топлива) температура фильтруемости с -5 до -20 °С.

#### **Наличие воды и механических примесей.**

Топливная аппаратура современных дизельных автомобилей предъявляет высокие требования к чистоте применяемых топлив. В них не должно содержаться механических примесей и воды. При транспортировке, хранении и заправке велика вероятность попадания в топливо механических примесей. Это может быть атмосферная пыль и влага, продукты коррозии, микроорганизмы.

Чистоту топлива оценивают **коэффициентом фильтруемости  $K_f$**  по ГОСТ 19006-73. Он характеризует присутствие в топливе всех видов загрязнений и представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. Для товарных топлив  $K_f \leq 3$ . На фильтруемость топлива влияют содержание механических примесей, воды, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот.

**Механические примеси** в дизельном топливе повышают смолообразование, вызывают засорение системы топливоподачи, увеличивают количество отложений и нагара на форсунках, в камере сгорания, ухудшают надежность и долговечность систем топливоподачи, увеличивают расход топлива и дымность отработавших газов.

Наличие **воды** в топливе приводит к нарушениям в работе двигателя, невозможности его пуска, повышенной коррозии, увеличению нагарообразования. В ДТ вводят **антикристаллизационные присадки.**

#### **Испаряемость.**

Чем выше испаряемость топлива, тем качественнее проходит смешивание его с воздухом, а значит и его сгорание. До конца может сгореть только полностью испарившееся топливо.

**Испаряемость ДТ** оценивается его **фракционным составом**, т. е. температурами  $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ,  $t_{95}$ ,  $t_{кр}$ ,  $t_{кр}$  (температурами, при которых перегоняется 10, 50 и 96% объемных ДТ, температуры начала и конца разгонки). Стандарт устанавливает лишь температуры  $t_{50}$ ,  $t_{95}$ , при этом температура выкипания 50% определяет наличие в топливе **пусковых фракций**, а 96% (конец кипения) – наличие **тяжелых фракций**.

На пуск двигателя **фракционный состав** оказывает большее влияние, чем цетановое число. Чем ниже  $t_{50}$ , тем легче запустить двигатель, особенно при низких температурах окружающего воздуха. Однако облегчение фракционного состава ведет к увеличению периода задержки самовоспламенения.

Топлива тяжелого фракционного состава с высокой  $t_{95}$  не успевают полностью испариться и сгореть, что приводит к перерасходу топлива, увеличению дымности, снижению мощности, повышенному лако- и нагарообразованию. Часть топлива в жидком виде стекает по стенкам цилиндра в масляный картер, смывая смазочный материал и повышая износ деталей двигателя. Экономичность и долговечность двигателя ухудшаются.

В зависимости от марки ДТ  $t_{50}$  колеблется от 255 до 280 °С; а  $t_{95}$  – от 330 до 360 °С. Например, для ДЛЭЧ  $t_{50} \leq 280$  °С, а  $t_{95} \leq 360$  °С.

#### **Плотность и поверхностное натяжение.**

С повышением плотности увеличивается дальность факела, снижается экономичность и растет дымность отработавших газов.

**Плотность** нормируется (в отечественных стандартах) при 20 °С: для летнего дизельного топлива - не более 860 кг/м<sup>3</sup>, зимнего - не более 840 кг/м<sup>3</sup>, арктического - не более 830 кг/м<sup>3</sup>. В зарубежных стандартах плотность нормируется при 15 °С. По Европейскому стандарту EN-590 плотность топлив для эксплуатации в условиях умеренного климата – 820-845 кг/м<sup>3</sup>. Для ДЛЭЧ по ТУ 38.1011348-2003 плотность при 15 °С составляет не более 863,4 кг/м<sup>3</sup>

Степень распыливания топлива полностью зависит от **поверхностного натяжения**: размер капель прямо пропорционален величине поверхностного натяжения. С утяжелением фракционного состава топлив, с повышением их плотности поверхностное натяжение возрастает. Для дизельных топлив поверхностное натяжение составляет 0,027-0,030 Н/м. Хорошо очищенные малосернистые топлива имеют минимальное поверхностное натяжение, что обеспечивает хорошее распыливание и смесеобразование.

### **3. Свойства и показатели ДТ, влияющие на самовоспламенение и процесс сгорания**

**Цетановое число** - это показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный объемному проценту **цетана**  $C_{16}H_{34}$  в его смеси с **альфа-метилнафталином**  $C_{10}H_7SN_3$ , которая по самовоспламеняемости аналогична испытываемому топливу. Для определения цетановых чисел составляют эталонные смеси. В их состав входят цетан и альфа-метилнафталин. Склонность цетана к самовоспламенению оценивают в 100 единиц, альфа-метилнафталина - в 0 единиц. Если смесь, например, состоит из 30% цетана и 70% альфа-метилнафталина, то принято считать, что ее цетановое число равно 30.

Цетановое число ДТ определяют **методом совпадения вспышек** на установках **ИТ 9-3, ИТ 9-3М**.

**Температура самовоспламенения и период задержки воспламенения** зависят от содержания и строения углеводородов, входящих в состав топлива. Цетановые числа па-  
22

рафиновых углеводородов (алканов) самые высокие, причем наибольшие цетановые числа имеют соединения нормального строения.

Для безотказной работы современных двигателей требуется топливо с цетановым числом летом – не менее 45, зимой – 50. При цетановом числе ниже 45 дизели работают жестко, происходит нарастание давления до 0,6...0,9 МПа при повороте коленчатого вала на 1°, особенно зимой, а выше 45 – мягко. Однако использовать топлива с цетановым числом выше 60 нерентабельно, так как жесткость работы при этом изменяется незначительно, а удельный расход топлива возрастает. Последнее объясняется тем, что при повышении ЦЧ свыше 55 период задержки воспламенения (время с момента начала подачи топлива в цилиндр двигателя до начала горения) настолько мал, что топливо воспламеняется вблизи форсунки, и воздух, находящийся дальше от места впрыска, почти не участвует в процессе сгорания. В результате топливо сгорает не полностью, снижается экономичность двигателя.

*Повышение цетанового числа ДТ достигается двумя способами:* изменением химического состава и введением специальных присадок.

При первом способе одновременно увеличивают концентрацию в топливе нормальных парафинов и уменьшают содержание ароматических углеводородов. Однако нормальные парафины имеют высокую температуру кристаллизации, поэтому рост их концентрации приводит к ухудшению низкотемпературных свойств ДТ.

Введение в ДТ специальных **кислородсодержащих присадок** способствует легкому выделению активного кислорода. К таким присадкам относятся **органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты** (например **изопропилнитрат, циклогексилнитрат**).

Существует эмпирическая зависимость цетанового числа топлива от его октанового числа:

$$\text{ЦЧ} = 60 - \text{ОЧ} / 2,$$

где ЦЧ – цетановое число; ОЧ – октановое число. Чем выше октановое число, тем ниже его цетановое число и наоборот.

В международной практике для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют **цетановый индекс**, который можно определить по номограммам в зависимости от плотности и  $t_{50}$ . Для дизельного топлива, выпускаемого по ЕН-590, цетановое число составляет не менее 51,0, а цетановый индекс – не менее 46,0.

#### 4. Коррозионные свойства ДТ

Коррозионная агрессивность дизельных топлив ограничивается стандартами на дизельные топлива по следующим показателям – содержание общей серы, содержание меркаптановой серы, водорастворимых кислот и щелочей, испытание на медной пластинке.

Минеральные кислоты и щелочи обнаруживают по реакции водной вытяжки. Присутствие водорастворимых кислот и щелочей в дизельных топливах не допускается.

Содержание органических кислот в ДТ характеризуется **кислотностью**. **Кислотность** согласно ГОСТ 305-82 не должна превышать 5 мг КОН для нейтрализации 100 см<sup>3</sup> топлива.

Наличие в топливах сернистых соединений нежелательно. Активные сернистые соединения (сероводород, элементарная сера, меркаптановая сера, сероводород) определяются **испытанием на медную пластинку**.

Присутствие в ДТ таких **активных сернистых соединений**, как меркаптанов, резко увеличивает износ плунжерных пар топливных насосов высокого давления и игл распылителей форсунок.

Содержание сернистых соединений настолько важный параметр, что его отражают в марке ДТ.

Содержание серы в дизельном экологически чистом топливе (ДЛЭЧ по ТУ 38.1011348 - 2003) массовая доля серы – не более 0,005%; для дизельного топлива по EN 590 для дизельного топлива II вида – до 50 мг/кг, I вида – до 10 мг/кг. Массовая доля меркаптановой серы для дизельных топлив по ГОСТ 305-82 – не более 0,01%.

Для нейтрализации вредного воздействия кислот в ДТ вводят **противокоррозионные присадки** (наиболее эффективен **нафтенат цинка**).

## **5. Свойства ДТ, влияющие на образование отложений**

Нагарообразование в двигателе зависит от следующих параметров дизельного топлива: содержание фактических смол и серы, фракционного состава, количества непредельных и ароматических углеводородов, зольности и коксуемости.

С повышением содержания фактических смол в дизельном топливе склонность к нагарообразованию возрастает. **Содержание фактических смол** не должно превышать 30-40 мг на 100 см<sup>3</sup>.

Способность ДТ к осмолению зависит от наличия в нем непредельных углеводородов. О количестве последних судят по *йодному числу*. **Йодное число** численно равно количеству граммов йода, присоединившихся к непредельным углеводородам, которые содержатся в 100 г топлива. Непредельные углеводороды вступают в соединение с йодом, и чем их больше в топливе, тем больше йода вступает в реакцию.

Содержание серы в топливе также влияет на образование отложений. Чем выше ее содержание в топливе, тем больше нагара и лака образуется при его сгорании. Сернистые соединения, накапливаясь в нагаре, повышают его плотность.

Склонность к нагарообразованию возрастает при увеличении содержания в дизельном топливе *ароматических углеводородов*. Содержание полициклических ароматических углеводородов не более 11% масс. в ДТ по EN-590.

Нагарообразование и отложения на деталях двигателя зависят от коксуемости топлива и содержания в нем золы.

**Коксуемость** определяется процентным соотношением количества образовавшегося твердого остатка (кокса) после коксования (разложения без доступа воздуха при температуре 800...900 °С) навески топлива в специальном приборе. Коксуемость 10%-ного остатка должна быть не более 0,20%.

**Зольность** топлива характеризует содержание в нем несгораемых примесей. Содержание золы повышает нагарообразование. Попадая в масло, зола вызывает ускоренный износ деталей.

## **6. Марки дизельных топлив**

Ранее в РБ производилось и импортировалось дизельное топливо в соответствии с ГОСТ 305-82. Марки дизельного топлива по ГОСТ 305 – 82 устанавливаются в зависимости от условий применения: **летнее (Л)** – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше; **зимнее (З)** – для эксплуатации при -20 °С и выше (с температурой застывания не выше -45 °С); **арктическое (А)** – для эксплуатации при -50 °С и выше (с температурой застывания -55 °С).

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.

В настоящее время на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Нафтан» производят следующие марки дизельных топлив с улучшенными экологическими характеристиками и низким содержанием серы.

1) **Топливо дизельное экологическое чистое по ТУ 38.1011348 – 2003**; примеры марок: *ДЛЭЧ – 0,005-62* – топливо дизельное экологически чистое летнее, содержание серы – 0,005% масс, температура вспышки - 62 °С; *ДЛЭЧ – 0,035-62*; *ДЛЭЧ (Э)* - для экспорта (его цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46,0);

2) **Топливо дизельное зимнее ДЗп с депрессорной присадкой по ТУ 38.101889-00: ДЗп-0,035** (содержание серы 0,035% масс.), ДЗп-0,2;

3) **Топливо дизельное зимнее с присадками по ТУ 38.401-58-36-01: ДЗп-25-0,2** (где –минус 25 °С – температура фильтруемости, содержание серы 0,2% масс.).

Цетановое число всех рассмотренных марок топлив – не менее 45.

4) **Топливо дизельное автомобильное (EN 590) ТУ 38.401-58-296-2005**. Качество данного топлива дизельного автомобильного соответствует требованиям Европейского стандарта EN 590 (действует в странах ЕЭС с 1996 г.). Его цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46. Для эксплуатации в условиях умеренного климата предлагаются следующие марки топлива дизельного автомобильного: **Сорт С** – предельная температура фильтруемости не выше -5 °С; **Сорт D** – предельная температура фильтруемости не выше -10°С; **Сорт E** – предельная температура фильтруемости не выше -15°С; **Сорт F** – предельная температура фильтруемости не выше -20 °С. В соответствии со стандартом EN 590 для районов с холодным климатом предусмотрен выпуск 5 классов дизельного топлива (от 0 до 4).

ОАО «Гродно Азот» выпускает **топливо биодизельное Б-5**, которое предназначено для использования в качестве моторного топлива на транспортных средствах с дизельным двигателем, сконструированным для работы на дизельном топливе и представляет собой смесь топлива дизельного (95%) и метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла (5%).

### **Тема 3. Газообразные топлива**

#### **1. Виды газообразных топлив. Требования, предъявляемые к качеству топлив для газобаллонных автомобилей**

К *естественным газам* относятся легкие углеводороды, улавливаемые при добыче нефти, и природные газы газовых месторождений. *Искусственные газы* получают при переработке твердых и жидких топлив.

В зависимости от физического состояния горючие газы делятся на *сжатые* и *сжиженные*. Если **критическая температура газа** (температура, при которой газ не может быть сжижен при любом давлении) ниже обычных температур эксплуатации автомобиля, его применяют, как правило, в сжатом виде (**сжатый газ**), а если выше – в **сжиженном виде** под давлением 1,5-2,0 МПа (**сжиженный газ**).

Наиболее широко применяются и имеют перспективы расширения использования следующие газообразные углеводородные топлива:

- **компримированный (сжатый) природный газ (КПГ)** (метан);

- **газ сжиженный нефтяной (ГСН)** (пропан-бутановая смесь).

К качеству топлив для газобаллонных автомобилей предъявляют такие **основные эксплуатационные требования**:

- хорошая смешиваемость с воздухом для образования однородной горючей смеси;
- высокая калорийность горючей смеси;
- отсутствие детонации при сгорании в цилиндрах двигателя;
- минимальное содержание смолистых веществ и механических примесей, способствующих образованию нагара на деталях двигателя;
- минимальное содержание веществ, вызывающих коррозию поверхностей деталей, окисление и разжижение масла в картере двигателя;
- минимальное образование токсичных и канцерогенных веществ в продуктах сгорания;
- сохранение стабильного состава и свойств по времени и объему;
- сохранение избыточного давления насыщенных паров 0,1-1,6 МПа в интервале температур от -30 до +45 °С (для ГНС);
- хорошая испаряемость без образования жидкого осадка при понижении давления в газовой системе питания двигателя (для ГСН).

## 2. Газ сжиженный нефтяной (ГСН)

Основные компоненты **газа сжиженного нефтяного** как современного топлива для двигателей – это **пропан**  $C_3H_8$ , **бутан**  $C_4H_{10}$  и их смеси. Ввиду того, что пропан и бутан имеют при атмосферном давлении соответственно *температуры кипения* -42,1 °С и -0,5 °С и *критические температуры* +96,8 °С и +126 °С, это позволяет хранить их в *сжиженном состоянии* в диапазоне эксплуатационных температур от -40 до +45 °С при относительно низком давлении (до 1,6 МПа).

Сжиженный газ характеризуется большим коэффициентом объемного расширения. Повышение температуры на 1 °С увеличивает давление в газовом баллоне на 0,6-0,7 МПа, что может привести к его разрушению. Чтобы этого не случилось, в баллоне предусматривают *паровую подушку* (фазу). Степень заполнения (полезная емкость) автомобильных газовых баллонов должна быть в пределах 80-85%. Арматура автомобильных газовых баллонов имеет специальное устройство, автоматически прекращающее заправку баллона при достижении предельного уровня топлива.

Плотность паровой фазы газа оказывает влияние на массовый заряд газозвушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя, а следовательно, и на мощность, и топливную экономичность. *В зимнее время года, когда плотность газозвушной смеси достигает максимальных значений, двигатель имеет наилучшие эксплуатационные показатели.*

Компоненты газового топлива имеют пределы воспламенения, значительно смещенные в сторону бедных смесей, что дает дополнительные возможности повышения топливной экономичности.

Топливо из сжиженных газов обладает плохими пусковыми свойствами. Пуск холодного двигателя возможен на *зимней марке топлива ПА* при температуре окружающего воздуха от -5 до -7 °С.

При более низких температурах в условиях безгаражного хранения выполняется пуск двигателя на *резервном бензине*.

Все компоненты газообразных сжиженных топлив первоначально не имеют цвета и запаха, поэтому для обнаружения утечек и обеспечения безопасности при использова-

нии этих видов топлива на автомобилях их **одорируют**, т.е. придают особый запах. В качестве такого **одоранта** используют этилмеркаптан.

Сжиженные газы пожаро- и взрывоопасны, но меньше, чем пары бензина. По степени воздействия на организм человека они относятся к 4 классу. Основные компоненты сжиженного топлива – пропан, бутан и этан – тяжелее воздуха. Таким образом, они, скапливаясь на полу помещений, представляют большую опасность.

Сжиженные газы хранят в баллонах емкостью 250 л, рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа.

Промышленность выпускает **газобаллонные автомобили двух типов:**

- **со специальными двигателями**, работающими на газе, но в которых предусмотрена резервная система питания для кратковременной работы на бензине (мощность таких двигателей не уступает мощности базовых двигателей, а топливная экономичность выше, чем при работе на бензине);

- **с универсальными двигателями**, допускающими работу как на сжиженном газе, так и на бензине (в этом случае мощность автомобильного двигателя снижается до 10%).

**Эксплуатационные свойства автомобилей** с газовыми двигателями в сравнении с бензиновыми оцениваются следующим образом:

- пусковые качества до температуры окружающего воздуха до -5 °С равноценны. При более низких температурах пуск двигателя, работающего на сжиженном газе, затруднен;

- ухудшаются на 5-8% динамические качества автомобиля;

- снижается мощность и топливная экономичность газовых двигателей;

- при правильной регулировке и нормальном оптимальном режиме работы системы подачи газового топлива значительно снижается токсичность отработавших газов: по окиси углерода – в 3-4 раза, по окислам азота – в 1,2-2 раза, по углеводородам – в 1,2-1,4 раза и более;

- увеличивается в 2-2,5 раза продолжительность работы масла между заменами из-за улучшения процессов испарения и смесеобразования жидкого топлива, исключения смывания смазки с зеркала цилиндров двигателя, уменьшения разжижения и загрязнения масла различными примесями;

- повышается надежность и ресурс двигателей до ремонта в 1,4-2 раза за счет снижения износов деталей цилиндро-поршневой группы, улучшения условий работы свечей зажигания и уменьшения нагарообразования;

- автомобили, работающие на сжиженном газе, имеют такой же запас хода, как и автомобили, работающие на бензине;

- увеличивается на 3-5% трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей.

Компонентный состав сжиженного нефтяного газа регламентируется **ГОСТ 27578-87 «Газы сжиженные нефтяные. Топливо для газобаллонных автомобилей. Технические условия»** (см. табл. 3.1).

Стандарт предусматривает две марки газа: зимнюю – **ПА (пропан автомобильный)** (применяют в зимний период в тех климатических районах, где температура воздуха опускается ниже минус 20 °С, рекомендуемый температурный интервал ее применения от минус 20 °С до минус 35 °С) и летнюю – **ПБА (пропан-бутан автомобильный)** (применяют при температуре не ниже -20 °С).

Таблица 3.1 - Характеристики сжиженного нефтяного газа, выпускаемого по ГОСТ 27578-87

Наименование показателя	Марка газового топлива	
	Зимнее ПА	Летнее ПБА
Массовая доля компонентов, %:		
пропан	90±10	50±10
непредельные углеводороды, не более	6	6
Избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре:		
+45 °С, не более	1,6	1,6
-35 °С, не менее	0,07	-
-20 °С, не менее	-	0,07
Массовая доля серы и сернистых соединений, %, не более:	0,01	0,01
в том числе сероводорода, %, не более	0,003	0,003
Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствуют	

На автомобильные газонаполнительные станции часто поступает сжиженный газ зимней и летней марок по ГОСТ 20448-90 «Газы углеводородные сжиженные для коммунально-бытового и промышленного потребления. Технические условия». Этот стандарт имеет более широкие допуски на содержание компонентов, в том числе и вредных с точки зрения воздействия на двигатель и топливную аппаратуру (сера и ее соединения, непредельные углеводороды и др.). По этим техническим условиям сжиженные газы поступают двух марок: **смесь пропан-бутановая зимняя (СПБТЗ)** и **смесь пропан-бутановая летняя (СПБТЛ)**.

### 3. Компримированный (сжатый) природный газ (КПГ)

Состав природных газов, добываемых на месторождениях в РФ, следующий: **метан**  $\text{CH}_4$  (82-98%) с небольшими примесями (до 6%) **этана**  $\text{C}_2\text{H}_6$ , до 1,5% **пропана**  $\text{C}_3\text{H}_8$  и до 1% **бутана**  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

Основной компонент - **метан**  $\text{CH}_4$  характеризуется наивысшей критической температурой (-82 °С). Поэтому при нормальных температурах даже при высоком давлении метан не может быть сжижен.

Из всех углеводородных газов **метан** обладает высокой теплотворностью, широкими пределами воспламеняемости, низким содержанием токсичных веществ (СО и СН) в продуктах сгорания. Метан имеет высокую детонационную стойкость, что обеспечивает «мягкую» работу двигателя при использовании природного газа и позволяет форсировать двигатель по степени сжатия.

Сжатый газ воспламеняется при температуре 635-645 °С в камере сгорания двигателя (в 3 раза выше температуры воспламенения бензина), что *затрудняет запуск двигателя*, особенно при пониженных температурах окружающего воздуха. При снижении давления метана в газовом редукторе высокого давления температура резко снижается, поэтому даже в летний период времени влага, содержащаяся в газе, может образовывать кристаллы льда и препятствовать подаче газа в двигатель.

Таким образом, *важными мероприятиями* для надежной работы двигателей на сжатом газе являются: *очистка (осушение) газа от воды при заправке на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях; своевременная замена фильтров в системе питания двигателя; эффективный подогрев газа перед снижением давления в редукторе, особенно в зимний период.*

Для метана доминирующим является давление заправки. Для сжатого газа применяют газобаллонные установки (баллоны, арматура, редуктор, газопроводы и др.), рассчитанные на работу при высоком давлении 19,6 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>). По мере расходования газа из баллона рабочее давление в нем непрерывно уменьшается до предельного значения.

По токсичности сжатый газ характеризуется вредным воздействием на центральную нервную систему, вызывает раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей. Метан намного легче воздуха и поэтому при утечках он улетучивается, скапливаясь в верхних частях помещения.

По опасности воспламенения сжатые газы значительно безопаснее бензина. Определенные концентрации газа с воздухом взрывоопасны: верхний предел воспламенения смеси газа с воздухом по объему должен быть 15%, а нижний – 4%.

В качестве **преимуществ использования сжатого природного газа** как автомобильного топлива при сравнении с бензином следует отметить следующие:

- увеличивается в 2-3 раза продолжительность работы масла между заменами из-за отсутствия его разжижения и уменьшения загрязнения и, как следствие этого, расход масла снижается на 30-40%;
- увеличивается в среднем на 35-40% ресурс двигателя вследствие отсутствия нагара на деталях цилиндра-поршневой группы;
- увеличивается на 40% срок службы свечей зажигания;
- увеличивается в 1,5 раза межремонтный ресурс двигателей;
- снижается до 90% выброс с отработавшими газами вредных веществ, особенно окиси углерода СО.

Наряду с преимуществами использования сжатого природного газа как автомобильного топлива следует отметить следующие его **недостатки**:

- увеличивается на 7-8% трудоемкость обслуживания и ремонта, а также в среднем на 27% цена автомобиля из-за наличия дополнительной газобаллонной аппаратуры;
- снижается на 18-20% мощность двигателя и, как следствие этого, ухудшаются тягово-динамические и эксплуатационные характеристики автомобилей: увеличивается время разгона на 24-30%; уменьшается максимальная скорость автомобиля на 5-6%; уменьшаются предельные углы преодолеваемых подъемов на 30-40%; затрудняется эксплуатация автомобиля с прицепом;
- снижается на 9-14% грузоподъемность автомобилей в связи с применением тяжелых стальных баллонов высокого давления.
- затрудненный пуск двигателя на газовом топливе при низких температурах из-за образования ледяных пробок в топливной системе

Работа дизеля на газообразном топливе возможна только за счет организации газодизельного процесса, т.к. температура конца сжатия не достаточна для воспламенения этого топлива.

Компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) отпускается на автомобильных га-

зонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) по ГОСТ 27577-2000 «Газ топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания». Основные характеристики компримированных газов, установленные при температуре +20 °С и давлении 0,1013 МПа, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 - Характеристики природного топливного сжатого газа для автомобилей, выпускаемого в соответствии с ГОСТ 27577-2000

Наименование показателя	Численное значение
Теплота сгорания объемная, МДж/м <sup>3</sup>	32,6-36,0
Относительная плотность газа в газообразном состоянии по отношению к воздуху, кг/м <sup>3</sup>	0,56-0,62
Расчетное октановое число (ОЧ), не менее	105
Концентрация сероводорода, г/м <sup>3</sup> , не более	0,02
Концентрация меркаптановой серы, г/м <sup>3</sup> , не более	0,036
Масса механических примесей, мг/м <sup>3</sup> , не более	1,0
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, включая кислород, %, не более	7,0
Содержание воды, мг/м <sup>3</sup> , не более	9,0

#### Тема 4. Газоконденсатные топлива

**Газоконденсатное топливо** – это природная смесь легкокипящих нефтяных углеводородов, находящаяся в природе в газообразном состоянии под давлением 4,9-9,8 МПа при температуре 150 °С. При охлаждении и снижении давления до атмосферного (в условиях земной поверхности) смесь распадается на жидкую (конденсат) и газовую составляющие.

Наиболее целесообразно использовать газовые конденсаты в качестве топлива для дизелей на местах их добычи без сложной переработки.

Разработаны технические условия на дизельные топлива, полученные из газовых конденсатов, облегченного фракционного состава с *цетановым числом не ниже 40*. В зависимости от используемых фракций выделяют следующие марки топлив: **фракция газоконденсатного топлива (ФГД) ТУ 51-274-86**, **газоконденсатное широкофракционное летнее (ГШЛ) ТУ 51-125-86**, **зимнее (ГШЗ) ТУ 51-23-86**, **арктическое (ГША) ТУ 51-03-16-89**.

Вследствие меньшей плотности газоконденсатного топлива уменьшается подача его в двигатель, и при неизменной регулировке топливной аппаратуры мощность дизеля снижается примерно на 7% по сравнению с дизельным топливом.

Газоконденсатное топливо *токсично и взрывоопасно*, оно оказывает вредное воздействие на центральную нервную систему человека, раздражает кожные покровы, слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Для эксплуатации автомобилей с карбюраторными двигателями в районах Уренгойского и Норильского месторождений России применяют бензин, вырабатываемый прямой перегонкой из газовых конденсатов. Из газовых конденсатов в России вырабатываются бензины марок **АГ-72 и АГ-76 (ТУ 51-126 - 83)** и летний и зимний бензины **А-76 (ТУ 51-03-06-86)**.

## Тема 5. Основы применения нетрадиционных топлив

Одним из перспективных путей экономии топлива для автомобильных двигателей и снижения выбросов отработавших газов в атмосферу является частичная или полная замена традиционных топлив другими, не нефтяного происхождения. Наиболее интенсивно ведутся исследования в направлении использования в качестве топлива синтетических спиртов, смесей эфира, водорода, водотопливных эмульсий и др.

Перспективные топлива для современных автомобильных двигателей должны обладать такими физико-химическими и эксплуатационными свойствами, которые не приводили бы к коренному изменению конструкции двигателя, топливной аппаратуры и условий его хранения в автомобиле (табл. 5.1)

Таблица 5.1 - Физико-химические и эксплуатационные показатели нетрадиционных топлив

Параметры	Бензин	Метанол	Этанол	Водород	МТБЭ
Молекулярный вес	107,0	32,04	46,07	2,016	-
Теплотворная способность, кДж/кг	44 000	19 300	29 750	120 000	-
Температура самовоспламенения, °С	467-527	743	426	547-637	421
Октановое число по:					
- исследовательскому методу	93	88-94	92	-	117
- моторному методу	85	102-111	108	-	101
Цетановое число	8-14	3	8	-	1,5
Температура кипения, °С	33-200	64,7	78,3	-252,7	51-62
Скрытая теплота испарения, кДж/кг	306	1100	880	448	-

### 1. Синтетические спирты. Метилтретбутиловый эфир

Наиболее близки по качествам к топливам нефтяного происхождения **метиловый спирт (метанол)**, получаемый из угля, природного газа, бытовых отходов, отходов лесного хозяйства, и **этиловый спирт (этанол)**, вырабатываемый из сахарного тростника, свеклы, зерновых и других сельскохозяйственных культур.

**Метанол и этанол**, используемые в качестве топлива для автомобильных двигателей, характеризуются: высоким октановым числом, меньшей по сравнению с бензином *теплотворной способностью, высокой скрытой теплотой испарения, низкими упругостью паров и температурой кипения.* Кроме того, **метанол** как автомобильное топливо *обуславливает рост мощности и КПД двигателя, снижение теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы, закоксовывания и нагарообразования.* Также при использовании метанола (при том же уровне концентрации оксида углерода, что и при работе двигателя на бензине) *наблюдается уменьшение в 1,5...2 раза содержания оксида азота и в 1,3... 1,7 раза – углеводородов в отработавших газах.*

Однако для повседневного использования метанола в качестве автомобильного топлива *необходимы конструктивные изменения топливной аппаратуры двигателя и в самого автомобиля.* При переводе автомобилей на метанол необходимо устанавливать *устройства, облегчающие пуск*, особенно при отрицательных температурах, увеличить вместимость топливных баков, из-за его высокой коррозионной агрессивности, заменять некоторые материалы системы питания на более стойкие. К тому же из-за большей теплоты испарения, которой обладает метанол, работа на нем специально не переобору-

дованного двигателя сопровождается значительным переохлаждением топливоздушного заряда.

В настоящее время метанол лучше использовать в качестве добавки к бензину. Применение бензометанольной смеси **M15** (с добавкой 15% метанола и 7% стабилизатора – изобутилового спирта) позволяет повысить на 6% динамические качества автомобиля и на 3...5% его мощность, одновременно уменьшить выброс оксида азота на 30...35% и углеводов на 20%, а также получить экономию бензина до 14%. При использовании бензометанольной смеси M15 устойчивый пуск холодного двигателя обеспечивается при температуре воздуха -26 °С.

Предельно допустимая концентрация паров метанола в воздухе рабочей зоны двигателя составляет 5 мг/м<sup>3</sup>.

**Этиловый спирт** различной крепости применяется как моторное топливо только в смеси с бензинами, так как спирт не имеет пусковых фракций и не обладает достаточной испаряемостью из-за большой скрытой теплоты парообразования.

Этиловый спирт, обладающий высоким октановым числом, при небольшом добавлении в базовый бензин эффективно улучшает его октановое число.

**Спирт-ректификат (96%-ный спирт)** может применяться в смеси с бензином только в сочетании со стабилизаторами, т.к. содержит 4% (объемных) воды, которая и препятствует растворению в нем бензина. В качестве стабилизатора в спиртовые смеси добавляется бензол.

**Метилтретбутиловый эфир (МТБЭ)** – см. выше способы повышения детонационной стойкости бензинов.

## 2. Водород

**Водородовоздушная смесь** воспламеняется при содержании водорода от 4 до 74%. В то же время из-за низкой теплотворной способности водородовоздушной смеси мощность работающего на ней двигателя на 15...20% ниже, чем при работе на бензине. Во избежание падения мощности необходимо значительное изменение конструкции системы питания и самого двигателя.

При использовании водорода в качестве добавки к бензовоздушной смеси (бензиноводородная смесь) не требуется изменения конструкции двигателя. Если же бензин добавлять на режиме холостого хода при малых и средних нагрузках, то обеспечиваются оптимальные мощностные и динамические показатели автомобиля, экономится 50...55% бензина. При этом концентрация оксида углерода в отработавших газах снижается в 13 раз, оксидов азота – в 5 раз, углеводов – на 30%. Стоимость водородного топлива не выше, чем стоимость других синтетических топлив.

### Способы хранения водорода на автомобиле.

Чтобы разместить водород, необходимы довольно большие объемы. Жидкий водород занимает в 3,5 раза больший объем, чем эквивалентное по выделяемой энергии количество бензина, что усложняет его хранение и распределение. В качестве емкостей для транспортирования и хранения жидкого водорода необходимо использовать криогенные баки с двойными стенками, пространство между которыми заполнено изолирующими материалами.

Учитывая, что смесь газообразного водорода с кислородом воздуха в широком диапазоне концентраций образует гремучий газ, необходима полная герметизация топливо-



подающей системы автомобиля и организация сброса избыточного давления водорода в бачке с его последующей нейтрализацией на каталитических дожигателях. Специальная система, исключающая утечки жидких и газообразных фаз топлива, требуется и для заправки автомобиля жидким водородом.

Для комбинированного питания двигателя **бензиноводородной смесью** при невысоком содержании водорода (в пределах 20%), возможно его использование в **сжатом виде**. Включение и отсечка подачи водорода в этом случае не вызывают затруднений и обычно производятся с помощью электромагнитного клапана.

В качестве наиболее перспективной формы использования водорода рассматриваются вторичные энергоносители, например, **водород, аккумулированный в составе металлогидридов**. В этом случае успешно решается проблема безопасности эксплуатации водородного топлива и обеспечивается возможность создания приемлемого энергозапаса без высоких давлений или криогенных температур. Выделение водорода происходит при подогреве гидридов горячей жидкостью из системы охлаждения или непосредственно отработавшими газами. Для зарядки гидридного аккумулятора через восстановленный металлический компонент пропускается водород под небольшим давлением и одновременно отводится образующееся тепло. Процесс зарядки может повторяться несколько тысяч циклов без ухудшения энергоемкости аккумулятора.

Одним из способов применения водородов является использование **водорода в топливных элементах (электрохимическом генераторе)** для получения электроэнергии.

### **3. Топлива из биомассы и дизельные топлива с добавкой растительных масел**

Топлива, получаемые из биомассы (**биогенное топливо**), могут быть в жидком, газообразном и твердом состоянии. Получают **биотопливо** в результате переработки биомассы и органических отходов коммунально-бытового хозяйства и промышленного производства различными термическими и биологическими способами (пиролиз, газификация, гидрогенизация, анаэробное дигерирование, ферментация, биофотолитиз и др.).

При переработке биомассы в моторные топлива наибольший интерес представляет газификация с получением **синтез-газа** (преобразуемого затем в метанол или углеводороды), а также ферментация с получением **этанола**.

Биомасса - ресурс возобновляемый, а переработка отходов (сельскохозяйственных, лесных и бытовых) очищает окружающую среду от загрязнений.

В ряде стран (США, Франции, Бразилии, РФ и др.) проводятся исследования возможности использования в составе дизельных топлив растительных масел. Содержащиеся в семенах и плодах подсолнечника, сои, рапса, клещевины, хлопчатника, кокоса и ряда других культур масла – это окисленные углеводороды, преимущественно триглицериды. По теплоте сгорания они близки к дизельному топливу. Из масличных культур масло получают либо путем выжимки, либо путем экстрагирования (гексаном или трихлорэтиленом). Затем оно очищается одним из методов - нейтрализации, фильтрации или вымораживания.

**Растительные масла** обладают рядом **недостатков**: они нестабильны, имеют повышенную вязкость и коксуемость, высокую температуру помутнения, их цетановое число ниже (например, для соевого растительного масла минимальное цетановое число 36-39). Стоимость растительных масел превышает стоимость дизельного топлива, получаемого из нефти. ОАО "Гродно Азот" производит **топливо биодизельное** (подробнее – см. выше марки дизельных топлив).

### РАЗДЕЛ 3. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ, АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИЙ И ДР. МЕХАНИЗМОВ

#### *Тема 1. Назначение смазочных материалов. Основные виды трения и изнашивания*

**Под трением** понимают сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним. **Основное назначение смазочных материалов** - уменьшение потерь на трение и снижение интенсивности изнашивания поверхностей деталей.

Кроме этих основных **функций, смазочные материалы** в зависимости от условий их применения выполняют и другие: *отводят тепло от нагреваемых деталей, предохраняют их от коррозии, очищают детали от накапливающихся механических примесей, часто герметизируют узлы трения (цилиндр двигателя – поршень) и др.*

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 (сухое), граничное трение, полужидкостное и жидкостное трение**).

**Трение без смазки** – это трение двух твердых тел при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала.

**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 трущихся поверхностей.

При **жидкостном трении** смазочный слой полностью отделяет взаимоперемещающиеся рабочие поверхности одну от другой и имеет толщину, при которой проявляются нормальные объемные свойства масла.

**Под полужидкостным трением** понимают такое состояние, когда масла в зазоре между трущимися парами недостаточно для полного обеспечения жидкостного трения или когда наряду с жидкостной смазкой имеет место и граничная смазка. При этом виде трения масляный слой между трущимися поверхностями частично разрушен, в результате чего в отдельных местах соприкосновения трущихся поверхностей и возникает граничное (сухое) трение.

**Коэффициент граничного трения** находится в пределах **0,08-0,15**. Режим граничного трения очень неустойчив, это предел работоспособности узла трения. Если граничный слой разрушается (нагрузка превысит силы сцепления), то в месте контакта возникает сухое трение и, как следствие, задиры, заклинивания и другие неполадки аварийного характера.

Установлено, что толщина и прочность граничных слоев зависит от химического состава масла и входящих в него присадок, особенностей химической структуры и состояния поверхности трения. Различают **пленки химического происхождения (хемосорбция)** и **физического (адсорбция)**. Создание смазочных пленок силами адсорбции обуславливается наличием в смазочных материалах **поверхностно-активных веществ (ПАВ)**, несущих электрический заряд. Они обладают способностью адсорбироваться на по-

верностях раздела жидкость - твердое тело. К ПАВ относятся соединения, содержащие *карбоксильные группы (COOH+)*, например, *органические кислоты, спирты, различные эфиры, смолы, сернистые соединения*. В некоторые масла для улучшения их смазывающей способности вводят противоизносные и противозадирные присадки.

Способность смазочных материалов, содержащих ПАВ, образовывать на смазываемых поверхностях достаточно прочные слои ориентированных молекул, обычно называют *маслянистостью* или *смазывающей способностью* масел.

Большая скорость образования *хемосорбированных пленок* обеспечивает их быстрое восстановление в местах разрушения граничного слоя. Устойчивые химические пленки *фосфатов, хлоридов* или *сульфидов* создаются на поверхности металла благодаря присутствию в смазочных материалах соответствующих химических элементов.

*Коэффициент жидкостного трения* находится в пределах **0,003-0,03**, а сила трения в этом случае, определяемая лишь внутренним трением слоёв в смазочном материале, в 50-100 раз меньше, чем при трении без смазки. Устойчивость смазочного слоя, необходимого для жидкостного трения, зависит от следующих факторов: конструкции узла трения, скорости взаимного перемещения трущихся поверхностей, удельного давления на них, вязкости смазочного материала, площади трущихся поверхностей, величины зазора между ними, температурного состояния узла трения и др.

Для любых пар трущихся поверхностей *вязкость масла должна быть наименьшей*, но в то же время *обеспечивающей жидкостное трение*. В реальных условиях эксплуатации может возникнуть граничное трение, а при пуске двигателя, высоких рабочих температуре и нагрузке - *полужидкостное трение*. В этом случае *масло, обладающее высокой смазывающей способностью*, максимально уменьшает трение и износ, а также предотвращает заедание трущихся деталей.

*Износ трущихся поверхностей* – это изменение размеров деталей в результате отделения материала с поверхностей трения и вследствие остаточной деформации поверхности слоя. Различают следующие виды изнашивания (по характеру разрушения деталей): *механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое*.

**Механическое изнашивание**, возникающее в результате механических воздействий, разделяют на абразивное, гидроабразивное, газообразное, эрозийное, усталостное, кавитационное.

**Абразивное изнашивание** наиболее распространено. Оно является результатом воздействия на поверхности трения относительно более твердых частиц, например, таких, как продукты износа, нагар, пыль и т.п. Даже незначительное количество абразивных частиц, попавших в двигатель, может привести к очень быстрому износу трущихся деталей.

**Гидроабразивное изнашивание** так же, как и **газоабразивное**, – результат действия твердых частиц, увлекаемых соответственно жидкостью или газом.

**Усталостное изнашивание** является следствием повторного деформирования микроробъемов материала, из-за которого возникают трещины и происходит отделение частиц.

**Эрозионное изнашивание** наблюдается при воздействии на поверхность трения жидкости или газа.

**Кавитационное** изнашивание возникает в условиях кавитации.

Когда механическое изнашивание дополняется воздействием молекулярных или атомных сил, такой вид износа называют **молекулярно-механическим**. В этом случае происходит местное соединение (сваривание) двух твердых тел, перенос металла с од-

ной поверхности на другую с глубинным вырыванием металла. Отсюда заедание деталей и задиры.

**Коррозионно-механическое** изнашивание определяют как воздействие на трущиеся поверхности таких агрессивных веществ, как химически активные газы, кислотные примеси смазочных материалов и других с последующим механическим истиранием поврежденных участков поверхности.

## **Тема 2. Моторные масла**

### **1. Состав и классификация моторных масел. Основные функции моторных масел. Эксплуатационные требования, предъявляемые к ним**

**Моторными маслами** называют масла, применяемые в двигателях внутреннего сгорания, для их смазывания. В зависимости от назначения моторные масла подразделяют на масла для бензиновых, дизельных двигателей и универсальные, применяемые как в бензиновых, так и в дизельных двигателях. По климатическим условиям масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные.

Современные моторные масла – это базовые масла с добавлением присадок, улучшающих свойства основы масел или придающие маслу совершенно новые свойства.

Базовые моторные масла подразделяют на *минеральные* (полученные из нефти), *синтетические* (получаемые в результате синтеза органических веществ) и *полусинтетические* (смесь минерального и синтетических компонентов).

**Основная функция**, которую выполняют моторные масла, – это снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую очередь, деталей цилиндропоршневой группы;
- эффективный отвод тепла от трущихся деталей, удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагаров, лаков, зольных отложений, шламов) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;
- высокую стабильность при окислении, механическом воздействии и обводнении, т.е. сохранение первоначальных свойств как в многообразных условиях применения, так и при длительном хранении;
- нейтрализацию кислот, образующихся при сгорании топлива и окисление масла;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежности двигателя.

#### **Эксплуатационные требования к моторным маслам:**

– оптимальные вязкостные свойства, предопределяющие надежную и экономичную работу агрегатов на всех эксплуатационных режимах;

– хорошая смазывающая способность для предотвращения интенсивного изнашивания трущихся деталей;

- достаточная химическая стойкость, обеспечивающая минимальное изменение свойств смазочного материала в процессе применения;
- высокая моющая, диспергирующе-стабилизирующая способность, обеспечивающая чистоту деталей двигателя;
- высокая термическая и термоокислительная стабильность, что позволяет повысить предельную температуру нагрева масла в картере, увеличить срок замены;
- высокие противозадирные свойства;
- устойчивость к процессам испарения, вспенивания и образования эмульсий, а также к выпадению присадок;
- надежная защита трущихся поверхностей и других металлических деталей от коррозионного воздействия, как во время работы, так и при хранении автомобилей;
- совместимость с материалами уплотнения;
- малая летучесть, низкий расход на угар.

## 2. Эксплуатационные свойства моторных масел

### 2.1 Смазывающие свойства

Это свойства масел, влияющие на процессы трения и изнашивания трущихся поверхностей деталей в двигателях. Основные из них: **антифрикционные** – влияют на потери энергии при трении поверхностей; **противоизносные** – уменьшают износ трущихся поверхностей деталей при умеренных нагрузках; **противозадирные** – предохраняют трущиеся поверхности от задира в условиях высоких нагрузок.

Главный показатель смазывающих свойств масла – *вязкость*.

#### **Вязкостно-температурные свойства.**

Вязкость – свойство масла, связанное с внутренним трением между его слоями. Она уменьшается с ростом температуры масла и наоборот. Вязкостно-температурные свойства 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.

**Зимние масла** обладают небольшой вязкостью для обеспечения холодного пуска двигателя при низких температурах. Они не обеспечивают надежного смазывания двигателя в летних условиях эксплуатации.

**Летние масла**, благодаря большой вязкости, надежно смазывают двигатель при высоких температурах, но не обеспечивают холодный пуск при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С.

**Всесезонные масла** при низких температурах обладают вязкостными свойствами зимних, а при высоких – летних масел. Для достижения таких вязкостно-температурных характеристик в маловязкие масла вводят **вязкостные присадки**. В качестве базовых масел используют маловязкие масла, у которых вязкость при 100 °С менее 5 мм<sup>2</sup>/с, а в качестве **вязкостных присадок** такие полимерные соединения, как **полиизобутилен, полиметакрилаты, полиалкилстиролы** и др. (3-4%). Такие масла обычно называют

**загущенными.** Они отличаются необходимым уровнем вязкости при положительных температурах (50–100°), пологой кривой изменения вязкости и, следовательно, высоким индексом вязкости (115–140 ед.) (см. ниже). Принцип действия вязкостных присадок объясняется изменением объема макромолекул полимера: с понижением температуры он уменьшается (молекулы "свертываются" в клубки) и вязкость снижается, а при положительных температурах, наоборот, – клубки макромолекул "разворачиваются" в длинные разветвленные цепи, присоединяя молекулы базового масла, объем их становится больше, и вязкость масла возрастает

Вязкостно-температурные свойства масел оценивают по **индексу вязкости (ИВ)** – условному показателю, характеризующему степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и являющемуся результатом сопоставления вязкости данного масла (кривая 3) с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100 (имеет очень пологую вязкостно-температурную кривую 1), а второго – за 0 (обладает крутой вязкостно-температурной кривой 2) (см. рис. 2.1). Чем меньше изменение вязкости масла в заданном интервале температур (более пологая кривая), тем лучше его вязкостно-температурные свойства и тем больше индекс вязкости этого масла.

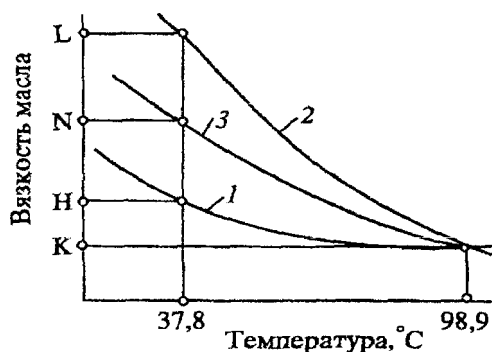


Рисунок 2.1 – Схема оценки вязкостно-температурных свойств масла по индексу вязкости: 1 – эталонное масло с хорошими вязкостно-температурными свойствами (ИВ=100); 2 – эталонное масло с плохими эталонными свойствами (ИВ=0); 3 – испытываемое масло

Практически индекс вязкости определяют по номограмме, составленной на основе значений вязкости масла при 50 и 100 °С (см. рис. 2.2), или по специально составленным таблицам, приведенным в стандартах. Для современных товарных минеральных масел без вязкостных присадок ИВ составляет 85-100.

Рисунок 2.3 поясняет принципиальное отличие всесезонного масла от сезонных. *Летнее* масло класса SAE 40 имеет достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание при высокой температуре (уровень Б), но оно слишком вязкое при низкой температуре (выше уровня А, при котором еще возможен пуск двигателя от стартера).

*Зимнее* масло SAE 10W при низкой температуре обеспечит холодный пуск (вязкость ниже уровня А), но не обеспечит смазывание летом, когда температура масла принизится к 90-100 °С или превысит эти значения (ниже уровня Б). Индекс вязкости сезонных

минеральных масел, выработанных из нефтей благоприятного состава, составляет 90-105 единиц.

Всесезонное масло SAE 10W-40, полученное загущением зимнего SAE 10W до вязкости при 100 °С, типичной для летних масел класса SAE 40, имеет индекс вязкости порядка 155-160 единиц. Оно обеспечит холодный пуск двигателя зимой и надежное смазывание летом. Зависимость его вязкости от температуры лежит в области между уровнями А и Б.

Температура, при которой масло теряет свою текучесть, называется **температурой застывания масла**. Для моторных масел температура застывания, как правило, составляет: -15 °С - для летних, -25...-30 °С - для зимних, -35...-45 °С - для загущенных. Нижний температурный предел применения масла примерно на 12...18 °С выше температуры застывания.

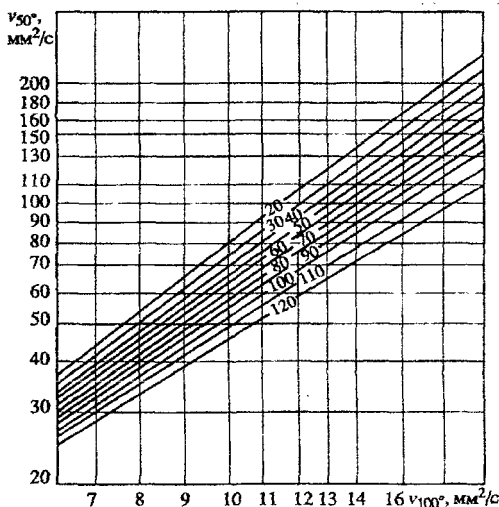


Рисунок 2.2- Номограмма для определения индекса вязкости масел

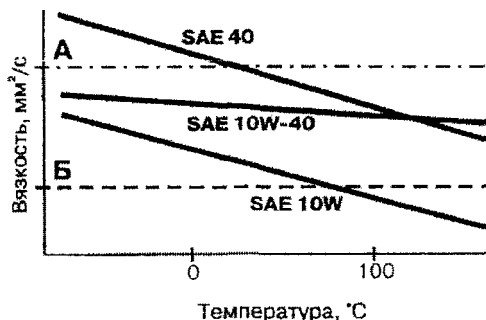


Рисунок 2.3 – Изменение вязкости летних, зимних и всесезонных моторных масел в зависимости от температуры

## 2.2 Противоизносные свойства

Противоизносные свойства масла зависят от его химического состава и вязкостно-температурной характеристики, а также от качества присадок. Наличие в масле абразивных загрязнений существенно влияет на износ трущихся поверхностей.

Трибологические характеристики масел – *индекс задира, критическая нагрузка, диаметр пятна износа, нагрузка сваривания* - определяют по ГОСТ 9490-75 на *четырёхшариковой машине трения* (рис. 2.4). На шарик 1, закрепленный в шпинделе, который вращается с большой скоростью, действует вертикальная нагрузка. Износ закрепленных неподвижно шариков 2 (*диаметр пятна износа*) и другие трибологические характеристики оценивают с помощью специальных приборов.

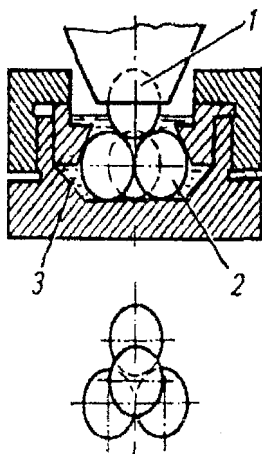


Рисунок 2.4 – Четырёхшариковая машина трения  
(1 - верхний шарик, 2 - нижний шарик, 3 - масло)

Оценка противоизносных свойств бесконтактным методом производится по определению содержания железа и других металлов спектральным или физико-химическими методами.

## 2.3 Противоокислительные свойства

В процессе работы двигателя моторное масло претерпевает глубокие изменения, которые приводят к накоплению в масле *смолистых веществ, асфальтенов, органических кислот, оксикислот (спиртокислоты)* и т. п.

Продукты окисления масла способствуют *лако- и нагарообразованию* на деталях поршневой группы, что может приводить к закоксовыванию поршневых колец, а также *осадков (шлама)* – мазеобразных сгустков, откладывающихся на стенках поддона картера, крышке клапанной коробки, фильтрах, в шейках коленчатого вала, маслопроводах и других деталях двигателя. Напряженный тепловой режим работы двигателя наиболее опасен образованием нагаров и лаков на деталях цилиндропоршневой группы, а пониженный тепловой режим – шламообразованием в двигателе.

Поэтому эти осадки (шлам) нередко называют низкотемпературными отложениями. При температуре 18-20 °С все первоначальные свойства масла сохраняются в течение пяти лет.

Моторное масло должно обладать высокой **термоокислительной стабильностью**, т.е. под действием высокой температуры не образовывать лаковых отложений на поверхностях поршневой группы двигателя. *Термоокислительная стабильность моторного масла* – это время (в минутах), в течение которого испытываемое масло при температуре 250 °С превращается в лаковый остаток, состоящий из 50% рабочей фракции и 50% лака. Чтобы замедлить реакции окисления и уменьшить образование отложений в двигателе, в масла вводят **антиокислительные присадки**.

В стандартах на моторные масла их **стойкость к окислению** оценивают по *индукционному периоду* осадкообразования в течение 50 часов по ГОСТ 11063-77.



## 2.4 Моюще-диспергирующие свойства

Они характеризуют способность масла уменьшать образование углеродистых отложений и осадков на деталях двигателя (**моющие**) и поддерживать продукты загрязнения во взвешенном состоянии (**диспергирующие**). Чем выше моюще-диспергирующие свойства моторных масел, тем больше продуктов загрязнения и окисления масла без выпадения в осадок удерживается в работающем масле, тем меньше при работе двигателя внутреннего сгорания на поршнях образуются лаковые отложения, на других деталях – мажеобразные осадки серого или черного цвета.

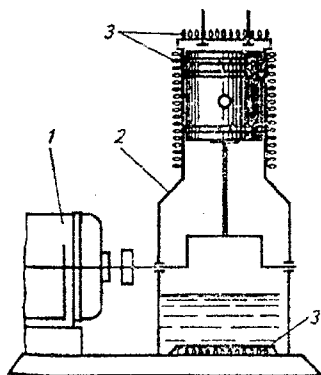


Рисунок 2.5 – Установка ПЗВ

Моющие свойства моторных масел определяют по интенсивности лакообразования на поверхности поршня на установке ПЗВ (рис. 2.5). Установка состоит из одноцилиндрового четырехтактного двигателя 2, электродвигателя 1 и пульта управления. Алюминиевый поршень снабжен двумя компрессионными и двумя малосъемными кольцами. Необходимый температурный режим поддерживается электронагревательными элементами 3. Условия испытания следующие: в картер двигателя заливают 250 мл испытуемого масла; частота вращения коленчатого вала двигателя 2500 мин<sup>-1</sup>; температура головки цилиндра 300 °С, масла в картере 125 °С и воздуха на выпуске 220 °С. Продолжительность испытания 2 ч.

После испытания прибор разбирают и по количеству лака на боковой поверхности поршня оценивают моющие свойства масла по семибалльной цветной шкале. Если поршень чист, масло получает балл 0, а если очень загрязнен лаком – балл 6. Образование лаковых отложений на поршне двигателя, работающего на маслах с моющими присадками, уменьшается в 3-6 раз (с 3,0-4,5 до 0,5-1,5 балла).

Применяют два типа **моющих присадок** – **зольные** и **беззольные**. К первому типу присадок относятся в частности **бариевые** и **кальциевые соли сульфокислот (сульфонаты)**. Масла, содержащие зольные присадки, при сгорании образуют золу, которая прилипает к поверхностям деталей. **Беззольные** присадки не содержат в своем составе металла, поэтому масла, их включающие, при сгорании не дают золы.

## 2.5 Антикоррозионные свойства

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

**Антикоррозионные свойства** моторных масел зависят главным образом от эффективности **антикоррозионных** и **антиокислительных** присадок, а также от **состава базовых компонентов**. **Антиокислительные присадки** замедляют процесс образования перекисей и кислот в масле. **Антикоррозионные присадки** уменьшают коррозионный износ деталей, выполненные из цветных металлов, образуя на их поверхности прочную

защитную пленку, обладают щелочными свойствами; обеспечивают нейтрализацию кислых продуктов, образующихся в масле.

**Нейтрализующая способность** – это важнейшее химическое свойство моторных масел, характеризуемое **щелочным числом**. Оно показывает, какое количество кислот, образующихся при окислении масла или попадающее в него из продуктов сгорания топлива, может нейтрализовать единица массы масла. Щелочное число выражается в мг КОН на 1 г масла. Например, масло моторное для дизельных двигателей М-14-В<sub>2</sub> имеет щелочное число не менее 4,8 мг КОН на 1 г. Масла по ГОСТ 11362-96. Одним из признаков, свидетельствующих о необходимости смены масла, может являться уменьшение щелочного числа масла.

Для предотвращения ржавления деталей двигателей из черных металлов моторные масла могут иметь в своем составе специальные присадки - **ингибиторы коррозии**.

Степень коррозионности масел оценивается путем определения величины потери массы свинцовых пластин за 10 или 25 часов испытания при температуре 140 °С (по ГОСТ 2052-75) при его соприкосновении с маслом (в граммах с площади 1 м<sup>2</sup>).

## 2.6 Показатели огнеопасности масел.

К ним относятся *температура вспышки и воспламенения*.

**Температура вспышки** – это минимальная температура, при которой пары масла, нагретого в специальном приборе, образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся от постороннего источника огня. Например, для масла М-14-В<sub>2</sub> температура вспышки – не ниже 210 °С.

**Температура воспламенения** – это такая температура нагретого масла, при которой оно самовоспламеняется.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность нефтепродукта. По температуре вспышки можно оценить свойства углеводородов, входящих в состав масла, определить наличие в нем примесей топлива. В присутствии топлива значительно снижается температура вспышки масел: при попадании в масло 1% бензина – с 200 до 170 °С, а при наличии в масле 6% бензина – почти в два раза.

## 3. Присадки к моторным маслам

Присадки применяются для придания смазочному материалу новых эксплуатационных свойств или изменения существующих; они вводятся в базовые масла. Уровень эксплуатационных свойств масла, в течение которого оно остается работоспособным, зависит как от качества базового масла, так и от эффективности присадок и их приемистости к маслу. По своему эксплуатационному действию присадки подразделяют на основные типы, представленные в табл. 2.1.

*Многофункциональные присадки* улучшают одновременно несколько свойств масел.

## 4. Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел

К достоинствам синтетических и полусинтетических моторных масел относятся:

- значительно более высокий индекс вязкости, чем у минеральных масел;
- лучшая вязкостно-температурная характеристика синтетических масел в зоне отрицательных температур, а также более низкая температура потери подвижности обеспечивают более легкий пуск двигателей при более низких температурах окружающего воздуха;

Таблица 2.1 – Основные типы присадок к моторным маслам

Тип	Функциональное назначение
Вязкостные (загущающие)	Уменьшают степень изменения вязкости с изменением температуры
Моющие	Уменьшают и предотвращают образование высокотемпературных отложений, обеспечивают чистоту деталей, нейтрализуют продукты окисления топлива и масла
Диспергирующие (дисперсанты)	Поддерживают загрязняющие примеси в масле в мелкодисперсном состоянии и предотвращают образование низкотемпературного шлама
Антиокислительные и антикоррозионные	Снижают скорость окисления и образования нерастворимых, а также коррозионно-агрессивных продуктов в масле. Уменьшают рост вязкости и предотвращают коррозию деталей из цветных сплавов
Противоизносные и противозадирные	Предотвращают разрушение контактирующих поверхностей деталей при граничном трении, снижают износ за счет образования на поверхности трения защитных пленок
Депрессорные	Понижают температуру застывания масла за счёт снижения интенсивности образования кристаллов парафина при низких температурах
Антифрикционные (модификаторы трения)	Уменьшают трение в сопряжённых парах, снижают расход топлива двигателем
Противопенные	Предотвращают образование пены в двигателе

- меньшая склонность к образованию низкотемпературных отложений;
- высокие показатели вязкости при рабочих температурах 250-300 °С (в 3-5 раз выше равновязких им минеральных масел при температуре 100 °С) обеспечивают гарантированные условия гидродинамической смазки до более высоких температур и термическую стабильность;
  - низкая испаряемость и малая склонность к образованию высокотемпературных отложений позволяют использовать эти масла в высокофорсированных теплонагруженных двигателях и при эксплуатации автомобилей в условиях жаркого климата;
  - синтетические масла обеспечивают хорошее состояние двигателя, так как характеризуются лучшими противоокислительными, диспергирующими свойствами и механической стабильностью, равными или лучшими (в зависимости от синтетической основы) противоизносными и противозадирными характеристиками;
  - большой срок службы синтетического масла до замены и меньший расход на угар сокращает его эксплуатационный расход на 30-40%;
  - применение синтетических моторных масел на 4-5% снижает расход топлива благодаря созданию оптимальных условий трения.

Синтетические моторные масла в зависимости от основы бывают **диэфирными, полиалкенгликолевыми, полисилоксановыми, фторуглеродными и хлорфторуглеродными.**

Синтетические масла объединяют в себе свойства самых маловязких зимних и вязких летних классов (SAE 0W-50 и SAE 0W-40) и имеют обозначение **Fully Synthetic**, что переводится как «полностью синтетическое». Стоимость синтетических моторных масел в среднем в 2-3 раза выше минеральных. Тем не менее, применение их целесообразно не только с эксплуатационной точки зрения, но и с экономической, так как они обладают большим сроком службы в двигателях до замены и меньшим расходом на угар.

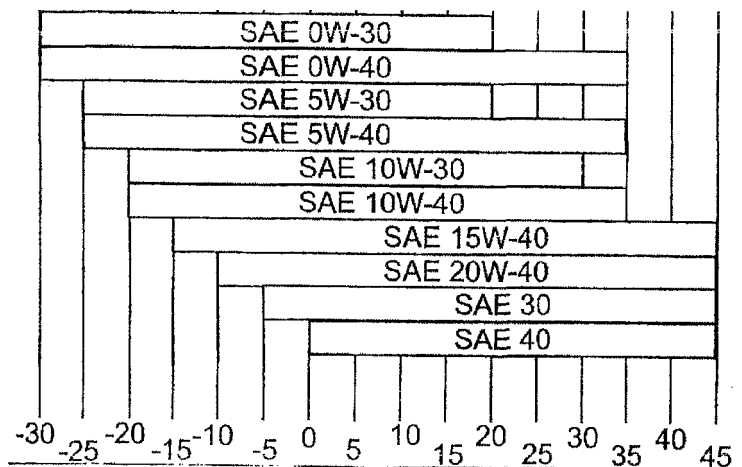


Рисунок 2.6 – Рекомендованные температурные диапазоны применения моторных масел

**Полусинтетические (частично синтетические) моторные масла** – это минеральные масла, улучшенные благодаря специальной технологии очистки и содержащие синтетические добавки или 30-40% синтетической основы. Обозначаются они как **Semi-Synthetic**. Такие масла обладают лучшими эксплуатационными свойствами и, конечно, дороже минеральных, однако дешевле полностью синтетических.

Переход на хорошо очищенные минеральные, полусинтетические и синтетические масла облегчает пуск двигателя при низких (до -40 °С) температурах и экономит 2-5% топлива за счет снижения потерь на трение в гидродинамическом режиме смазки.

В качестве температурных пределов применения некоторых всесезонных моторных масел можно ориентироваться на диаграмму, представленную на рис. 2.6.

## 5. Классификация и обозначение моторных масел

Согласно принятой классификации масел по межгосударственному стандарту ГОСТ 17479.1-85 «Масла моторные. Классификация и обозначение», обозначение моторных масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквой М (моторное) и

не зависит от состава и свойств масла; вторая – цифрами, характеризующими класс кинематической вязкости; третья – прописными буквами и обозначает принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам.

В зависимости от кинематической вязкости моторные масла делят на классы (табл. 2.2). Для всесезонных классов (обозначение дробью) указывают принадлежность к одному из зимних (числитель дроби) и одному из летних (знаменатель дроби) классов. В зависимости от области применения моторные масла делят на группы А, Б, В, Г, Д, Е (табл. 2.3). По типу двигателя маслам присваивается цифровой индекс: 1 – для бензиновых (карбюраторных), 2 – для дизелей.

Таблица 2.2 - Классы моторных масел по кинематической вязкости

Класс	Кинематическая вязкость при температуре, мм <sup>2</sup> /с	
	100 °С	-18 °С, не более
<b>Зимние классы</b>		
<b>3з</b>	3,8, не менее	1250
<b>4з</b>	4,1, не менее	2600
<b>5з</b>	5,6, не менее	6000
<b>6з</b>	5,8, не менее	10400
<b>Летние классы</b>		
<b>6</b>	5,6 – 7,0	–
<b>8</b>	7,0 – 9,5	–
<b>10</b>	9,5 – 11,5	–
<b>12</b>	11,5 – 13,0	–
<b>14</b>	13,0 – 15,5	–
<b>16</b>	15,0 – 18,0	–
<b>20</b>	18,0 – 22,0	–
<b>Всесезонные классы</b>		
<b>3з / 8</b>	7,0 – 9,5	1250
<b>4з / 6</b>	5,6 – 7,0	2600
<b>4з / 8</b>	7,0 – 9,5	2600
<b>4з / 10</b>	9,5 – 11,5	2600
<b>5з / 10</b>	9,5 – 11,5	6000
<b>5з / 12</b>	11,5 – 13,0	6000
<b>5з / 14</b>	13,0 – 15,0	6000
<b>6з / 10</b>	9,5 – 11,5	10400
<b>6з / 14</b>	13,0 – 15,0	10400
<b>6з / 16</b>	15,0 – 18,0	10400

Примеры обозначения моторных масел:

**М-8-В<sub>1</sub>**,

где М – моторное масло, 8 – класс вязкости, В<sub>1</sub> – масло для среднефорсированных бензиновых двигателей;

**М-6з/10-В**,

где М – моторное масло, 6з/10 – класс вязкости, В – универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей;

**М-4<sub>3/8</sub>-В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub>,**

где М – моторное масло, 4<sub>3/8</sub> – класс вязкости, В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub> – масло для использования как в среднефорсированных дизелях (В<sub>2</sub>), так и в высокофорсированных бензиновых двигателях (Г<sub>1</sub>).

Международная классификации масел включает градацию масел по вязкости по классификации **SAE** (Содружество автомобильных инженеров), а по условиям эксплуатации или уровню качества – согласно классификации **API** (American Petroleum Institute) (Американский институт нефти). Кроме того, существуют классификационные системы **ACEA** (Association des constructeurs europeens d'automobiles – Ассоциация европейских производителей автомобилей), **ILSAC** (International Lubricant Standardization and Approval Committee – Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов), а ряд производителей двигателей и автомобилей (BMW, Ford, MAN, Volkswagen, VOLVO и др.) выпускает свои спецификации моторных масел.

Таблица 2.3 - Области применения моторных масел

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Малофорсированные дизели и бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
В	Среднефорсированные бензиновые двигатели и дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению. Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г <sub>1</sub> . 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	Высокофорсированные бензиновые и дизельные двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп Д <sub>1</sub> и Д <sub>2</sub> . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

Согласно классификации масел по вязкости SAE масла делят по вязкостным характеристикам на 11 классов, шесть из которых зимние (SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W и 25W).

Здесь буква W означает «Winter» – зима. В масла зимних сортов добавлена загущающая присадка. Пять классов относятся к летним маслам (SAE 20, 30, 40, 50, 60).

Общим признаком для моторных масел всех классов служит кинематическая вязкость при 100 °С. Для зимних масел нормировано только минимальное значение кинематической вязкости, а для летних сортов – широкие пределы кинематической вязкости при 100 °С для каждого класса.

Всесезонным загущенным называют масло, которое по низкотемпературной динамической вязкости соответствует одному из зимних классов, а по кинематической вязкости при 100 °С и динамической вязкости при 150 °С – одному из летних. В обозначении всесезонных загущенных масел сначала указывают один из зимних классов, а затем один из летних. Например, SAE 5W-40, SAE 10W-30.

Класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит проворачивание двигателя стартером, прокачивание масла насосом по смазочной системе двигателя при холодном пуске и надежное смазывание летом при длительной работе на максимальном скоростном и нагрузочном режиме.

По классификации API моторные масла подразделяются на три категории назначения и качества: S (Service), C (Commercial), EC (Energy Conserving).

Масла категории S предназначены для 4-тактных бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, пикапов; а масла категории C – масла для дизелей автотранспорта, промышленных и сельскохозяйственных тракторов, дорожно-строительной техники. Универсальные масла, которые могут использоваться для смазывания бензиновых двигателей и дизелей, имеют обозначения обеих категорий.

Уровни эксплуатационных свойств в порядке их возрастания обозначают первыми буквами латинского алфавита, стоящими за знаками категорий «S» или «C». В настоящее время производятся масла классов не ниже SH и SJ категории «Service»; CF, CF-2, CF-4, CG-4 категории «Commercial», ранее производились масла следующих классов API: SF, SE, SG, CC, CD, CE (в том числе универсальные SF/CC, SG/CD, SG/CE и т.п.). Переход масел от низших групп к более высоким достигается, как правило, путем расширения ассортимента и количества присадок.

Моторные масла, прошедшие официальные испытания API-SAE, принято маркировать знаком «API символ обслуживания» (рис. 2.7), который кроме свойств масел в соответствии с классификациями SAE и API содержит информацию о наличии у масла энергосберегающих свойств – **Energy Conserving**. В маркировке масла это отображается наличием аббревиатуры **EC**. Римская цифра II в обозначении масел **EC** говорит о высокой степени энергосберегающих свойств, а отсутствие надписи в указывает на то, что в сравнении с эталонным маслом данный продукт не дает экономии топлива; градация **EC I** означает наличие умеренных энергосберегающих свойств.

Новейшие категории масел, сертифицированных API, обозначают символом «Свидетельство сертификации API», так называемым знаком «Звездный взрыв» (рис. 2.8). Эти масла должны удовлетворять классификации **ILSAC** (Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов). Классификация **ILSAC** содержит два класса масел, обозначаемых GF-1 и GF-2 для 4-тактных бензиновых двигателей. Они практически идентичны классам API SH и SJ соответственно. Основное отличие состоит в том, что масла классов GF-1 и GF-2 обязательно энергосберегающие и всесезонные,

причем зимняя характеристика ограничена тремя наименее вязкими классами SAE 0W, 5W и 10W, а летний класс может быть любым.



Рисунок 2.7 – Знак «API символ обслуживания»



Рис. 2.8. API сертификационный знак «Starburst»

Европейские двигатели легковых автомобилей конструктивно более форсированы и работают при больших частотах вращения коленчатого вала и удельных нагрузках. Поэтому масла, отвечающие американскому стандарту, не всегда соответствуют европейским требованиям.

Согласно **ACEA**, масла по назначению делятся на три категории: **A** – для бензиновых двигателей; **B** – для дизельных двигателей малой мощности, устанавливаемых на легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой грузоподъемности, **E** – для дизелей грузовых автомобилей. Каждая категория состоит из нескольких классов. Например, E 5-02. Последние две цифры указывают год последнего утверждения класса.

В маркировку современных моторных масел входит также одобрение заводо-производителей автомобилей. Оно изображается фирменным знаком или кодом и означает одобрение применения данного масла на автомобилях этого изготовителя, например MB 229.1, BMW.

Маркировка моторного масла для европейского рынка должна содержать 4 параметра: вязкость (по SAE), эксплуатационные свойства по американской (API) и европейской (ACEA) классификациям, одобрение фирм-производителей автомобилей. *Пример маркировки моторного масла:* SAE 5W-50; API SJ/CF; ACEA A3-96, B3-96; MB 229.1, BMW.

## 6. Контроль качества и оценка старения масел

Качество свежего масла начинается с проверки соответствия паспортных данных с показателями, указанными в стандартах (СТБ, ГОСТ) или технических условиях (ТУ) на данное масло.

Были установлены показатели предельного состояния качества моторных масел (табл. 2.4). Эти показатели являются браковочными: при достижении хотя бы одного из них масло считается непригодным и его необходимо заменить.

В качестве основных показателей, характеризующих свойства работающего масла, следует назвать: *вязкость, щелочное число, содержание нерастворимых продуктов загараживания и воды и др.*

**Вязкость.** Изменение вязкости масел определяется условиями протекания двух взаимоположенных процессов: накопление продуктов окисления, вызывающих увеличение вязкости масла; разбавлением масла топливом и деструкцией (разрушением) вязкостных присадок, ведущих к снижению его вязкости. В результате этого исходная вязкость может оставаться неизменной, увеличиваться или уменьшаться.



Таблица 2.4 - Предельные значения браковочных показателей работавших моторных масел

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

*Щелочность.* Для нейтрализации продуктов неполного сгорания топлива (особенно с высоким содержанием серы) и предотвращения их коррозионного воздействия на детали двигателя современные моторные масла обладают определенным щелочным запасом. В маслах, полностью отработавших свой срок в двигателе, показатель щелочности снижается до 1-0,5.

*Температура вспышки* автомобильных масел находится в пределах 165-220 °С. По ней можно судить об огнеопасности масла и наличии в масле легкоиспаряющихся углеводородов, а также разбавлении масла топливом. Чем ниже эта температура, тем лучше испаряемость масла и тем большим будет его расход. Лучшие масла одного и того же назначения имеют более высокую температуру вспышки и поэтому меньший угар.

*Зольность* у масел оценивается по-разному: до введения присадки и после введения присадки. Для масел без присадок ограничивается максимальное содержание золы, а для масел с присадками - минимальное. Для масел без присадок показатель зольности характеризует природу исходной нефти, степень очистки, а также загрязненность масла в процессе производства или использования.

Масло с более высокой зольностью повышает износ деталей двигателя и нагарообразование. Добавление к маслу присадки увеличивает зольность за счет повышения содержания в нем растворимых солей, которые не являются абразивными и поэтому не увеличивают износа деталей.

*Содержание механических примесей* в маслах без присадки не допускается, а в маслах с присадками строго ограничивается. При этом механические примеси, образовавшиеся за счет присадок, не оказывают абразивного действия на трущиеся детали и не увеличивают их износа.

## 7. Регенерация моторных масел

Регенерация (восстановление качества) отработанных масел и повторное их использование позволяют не только расширить топливно-энергетические ресурсы, но и предотвращают загрязнение окружающей среды.

В соответствии с ГОСТ 21046-81 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия» все отработанные нефтепродукты делятся на **масла моторные отработанные (ММО)**, **масла индустриальные отработанные (МИО)** и **смеси нефтепродуктов отработанные (СНО)**.

Выход базового масла зависит как от глубины очистки, так и от технологии регенерации. При регенерации выход базовых масел составляет 70-85% (по массе) на обезвоженное масло, содержащее около 5% низкокипящих фракций (бензино-керосиновых и легких газойлевых). По групповому углеводородному составу и физико-химическим свойствам регенерированные масла близки соответствующим по марке свежим.

Для регенерации отработанных моторных масел применяют следующие технологические процессы:

- *физический*, предусматривающий отстаивание, фильтрацию, отгон топливных фракций, центрифугирование, промывку водой, вакуумную перегонку и др.;
- *физико-химический*, включающий коагуляцию загрязнений поверхностно-активными веществами или контактную очистку отбеливающими глинами и селективную очистку пропаном, фенолом, фурфуролом и др.;
- *химический*, включающий обработку сернокислотными или щелочными растворами или гидрогенизационное воздействие.

## **8. Промывочные масла и жидкости**

*Промывочные масла и жидкости* предназначены для очистки деталей двигателя от высокотемпературных нагаров и лаковых образований, удаления продуктов износа двигателя и шламовых отложений.

Имея незначительную вязкость, они эффективно очищают и промывают систему смазки двигателя, повышая надежность смазки поверхностей трения. Кроме того, применение промывочных масел увеличивает продолжительность работы моторного масла, предотвращая его окисление, что способствует уменьшению эксплуатационных расходов на двигатель.

При использовании масла для промывки смазочной системы двигателя автомобиля выполняют следующее:

- сливают отработавшее моторное масло из прогретого двигателя;
- заливают промывочное масло до среднего уровня по щупу, не заменяя масляного фильтра;
- пускают двигатель и дают ему поработать на режиме холостого хода в течение 15-20 мин (приводить автомобиль в движение не следует);
- после остановки двигателя сливают промывочное масло и заменяют масляный фильтр;
- заливают свежее моторное масло требуемой марки в необходимом количестве; пускают двигатель на некоторое время, а затем проверяют уровень масла по щупу и при необходимости доводят до нормы.

## **Тема 3. Трансмиссионные масла**

### **1. Эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел, классификация, условия работы**

Основное назначение *трансмиссионных масел* – смазка высоконагруженных зубчатых механизмов силовой передачи, подшипников и других деталей и узлов автомоби-

лей. К трансмиссионным маслам предъявляются следующие *эксплуатационные требования*.

Они должны обладать:

- пологой вязкостно-температурной кривой и сравнительно малой вязкостью в области отрицательных температур;
- высокими противоизносными, противозадирными и противопиттинговыми свойствами;
- хорошей термической и термоокислительной стабильностью;
- стойкостью к образованию эмульсий с водой;
- высокой физической стабильностью в условиях длительного хранения;
- минимальным воздействием на резинотехнические уплотнительные материалы, лаки, краски и пластмассы.

#### **Условия работы трансмиссионных масел**

Зубчатые передачи работают с высокими удельными давлениями в местах контактов зубьев (600-1200 МПа, а в гипоидных до 4000 МПа), большими скоростями скольжения трущихся поверхностей (3-10 м/с, в гипоидных и червячных редукторах – до 20 м/с) и высокими, порядка 300-800 °С, температурами в точках контакта зубчатых колес. Температура масла в агрегатах трансмиссии достигает 120-150 °С. В этих условиях и наблюдается наиболее часто режим граничного трения.

**По уровню напряженности работы** зубчатых передач трансмиссионные масла можно разделить на следующие группы:

- *универсальные*, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссий;
- *общего назначения* для цилиндрических, конических и червячных передач автомобилей;
- *для гипоидных передач* грузовых и легковых автомобилей; сочетание высокой скорости относительного скольжения профилей зубьев с высокими давлениями обуславливает крайне неблагоприятные условия трения, поэтому необходимы масла в высокоэффективными противозадирными присадками;
- *для гидромеханических передач*;
- *для гидрообъемных передач*.

**В зависимости от климатических условий** в перечисленные группы могут входить *летние, зимние, всесезонные, северные и арктические масла*, различающиеся вязкостно-температурными свойствами.

## **2. Эксплуатационные свойства трансмиссионных масел**

### **2.1. Смазывающая способность**

Зубчатые передачи и другие сопряжения в трансмиссии автомобилей работают в режимах *смешанного и граничного трения*, поэтому важное значение приобретает **маслянистость (смазывающая способность)** трансмиссионного масла. *Это свойство влияет на снижение износа и предотвращение задира.*

Маслянистость трансмиссионных масел зависит во многом от состава полученного масла. Трансмиссионные масла содержат *естественные поверхностно-активные вещества*, влияющие на повышение смазывающих свойств и образующие на поверхности зубьев граничный слой адсорбированных молекул. Повышению смазочных свойств трансмиссионных масел способствует добавление *антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок*.

## 2.2. Вязкостно-температурные свойства

Установлено, что вязкостно-температурные свойства трансмиссионных масел влияют на способность бесперебойно смазывать трущиеся поверхности; возможность начала движения автомобилей при низких температурах внешней среды, когда масло приняло ее температуру; мощностные показатели агрегатов трансмиссии.

Между вязкостью и потерями мощности в агрегатах трансмиссии автомобиля существует прямая зависимость. Чем меньше вязкость масла, тем меньше потери энергии на внутреннее трение, тем больше КПД трансмиссии. Поэтому желательны иметь трансмиссионные масла с низкой вязкостью.

При установившемся рабочем режиме вязкость должна быть достаточной для предотвращения износа при больших контактных нагрузках. Нижний допустимый уровень вязкости масла должен быть не менее  $5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при достаточно надежном уплотнении картеров редукторов.

Максимально допустимая вязкость (динамическая вязкость  $300 \dots 600 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ) определяется величиной вязкости при минимальной рабочей температуре, допускающей свободное трогание автомобилей (без ущерба для зубчатых зацеплений и подшипников) без подогрева масла в агрегатах.

При применении трансмиссионных масел с хорошими низкотемпературными свойствами и минимально допустимой вязкостью при рабочей температуре снижается расход топлива особенно в период пуска и разогрева автомобиля.

Для получения масел с пологой вязкостно-температурной кривой в них добавляють вязкостные присадки - полимеры (полиизобутилен или полиметакрилат). Загущающие низкомолекулярные полимеры применяют и для приготовления универсальных всепогодных трансмиссионных масел. Применение загущенных трансмиссионных масел - один из путей экономии топлива, так как при работе на них по сравнению с незагущенными маслами потери мощности значительно ниже: снижаются гидравлические потери, возрастает к.п.д. трансмиссии автомобилей, что обеспечивает меньший расход топлива.

## 2.3. Противокоррозионные свойства

В результате химического взаимодействия цветных металлов, из которых изготавливают ряд деталей агрегатов трансмиссии, с кислыми продуктами (образуются в процессе окисления масла) возникают коррозионные процессы. Коррозию медных деталей могут вызвать также входящие в состав трансмиссионных масел противозадирные и противоизносные присадки. Повышенные рабочие температуры масел усиливают этот процесс.

Специальные противокоррозионные присадки, вводимые в масло, могут ослабить коррозионные процессы и даже предупредить их. Механизм действия непосредственно противокоррозионных присадок основывается на их способности создавать на поверхности металла защитные пленки, которые исключают прямой контакт с ними агрессивных продуктов и одновременно пассивируют металл.

Поскольку антиокислительные и моющие присадки тормозят процессы окисления (снижается концентрация в масле агрессивных продуктов) или нейтрализуют уже образовавшиеся кислые вещества, их можно рассматривать и как противокоррозионные.

## 2.4. Защитные свойства

Концентрация воды в трансмиссионных маслах во время эксплуатации автомобилей может достигать 8%. Причин обводнения масла несколько: во внутренние полости через

зазоры в уплотнениях и сапуны поступает воздух, содержащий пары воды; неплотности в системах охлаждения редукторов. Наличие воды приводит к возникновению электрохимической коррозии. В процессе эксплуатации и хранения агрегатов трансмиссии с ней борются, вводя в смазочные масла *защитные присадки – ингибиторы коррозии*. Они создают на поверхности металла прочную адсорбционную или хемосорбционную пленку. Отличие защитных присадок от противокоррозионных состоит в их устойчивости к действию не только органических кислот, но и воды.

### 3. Классификация и маркировка трансмиссионных масел

Согласно ГОСТ 17479.2-85, трансмиссионные масла делятся на классы по вязкости (табл. 3.1), а в зависимости от эксплуатационных свойств подразделяются на пять групп, определяющих область их применения (табл. 3.2) (классификация по эксплуатационным свойствам API предусматривает деление масел на шесть групп).

Обозначение трансмиссионных масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами - ТМ (трансмиссионное масло); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам; третья - обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости. Пример обозначения: **ТМ-5-9з**, где ТМ - трансмиссионное масло; 5 - группа масла по эксплуатационным свойствам, т.е. с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, 9 - класс вязкости; з - масло содержит загущающую присадку.

Таблица 3.1 - Классы вязкости трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85.

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

Таблица 3.2 - Группы трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам и области их применения

Группа масла		Состав масел	Область применения
по ГОСТ 17479.2-85	по API		
ТМ-1	GL-1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические, червячные передачи (работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90 °С) (механизмы, для которых необходимы масла с депрессорными и антипенными присадками).
ТМ-2	GL-2	Минеральные масла с противозадирными присадками	Механизмы, для которых необходимы масла с антифрикционными присадками (при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130 °С)

TM-3	GL-3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Ведущие мосты со спирально-коническими передачами, требующие использования масел со слабыми противозадирными присадками (работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С)
TM-4	GL-4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Гипоидные передачи, требующие использования масел с противозадирными присадками средней активности (при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С)
TM-5	GL-5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи грузовых и легковых автомобилей, требующие использования масел с активными противозадирными и противоизносными присадками (работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С)
-	MT-1	С высокоэффективными противозадирными и противоизносными присадками, а также с присадками, улучшающими термостабильность и совместимость с материалом уплотнений	Механические коробки передач без синхронизаторов в грузовиках большой грузоподъемности и автобусах
-	PG-2	С высокоэффективными противозадирными и противоизносными присадками, а также с присадками, улучшающими термостабильность и совместимость с материалом уплотнений	Спирально-конические и гипоидные передачи большегрузных автомобилей и автобусов
Примечание: GL- gear lubricant – смазочный материал для зубчатых передач			

Международная классификация по вязкости **SAE J 306** делит масла на классы: с индексом **W** (Winter) – зимние (70W, 75W, 80W, 85W) и летние (80, 85, 90, 140, 250). Вязкость масла следует выбирать с учетом максимальной и минимальной температуры применения техники, поэтому стандарт SAE распространяется только на значения вязкости трансмиссионного масла при высоких и низких температурах. Трансмиссионные масла, которые одновременно удовлетворяют высоко- и низкотемпературным требованиям, называют всепогодными. Их наиболее часто используют в технике. Например, масло для средней климатической зоны класса SAE 80W-90 удовлетворяет низкотемпературным требованиям для масла SAE 80W и высокотемпературным – для масла SAE 90.

Классификация масел по эксплуатационным свойствам API приведена в табл. 3.2.

Примеры обозначения трансмиссионных масел по SAE и API: SAE 85W-90, API GL-5, где масло всесезонное, 85W – класс вязкости при низкой температуре, 90 – класс вязкости при 100 °С, GL – смазочный материал для передач, 5 – группа масла по эксплуатационным свойствам и области применения.

#### 4. Масла для гидромеханических передач (ГМП) автомобилей

Основными функциями масел в ГМП являются: передача мощности от двигателя к ходовой части автомобиля; смазка узлов и деталей коробки передач; циркуляция в системе управления ГМП; передача энергии для включения фрикционных муфт ГМП; охлаждение деталей узлов и механизмов агрегата. Особенности конструкции ГМП предъявляют к маслу жесткие, порой противоречивые требования. Основные физико-химические и эксплуатационные свойства масел отечественного производства для гидромеханических передач приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Характеристики отечественных масел для гидромеханических передач

Наименование показателей	Марка масла	
	А (для гидромеханических передач)	Р (для гидробъемных передач)
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при: 100 °С 50 °С	7,8 23 - 30	3,8 12 - 14
Температура вспышки, °С, не ниже	175	163
Температура застывания, °С, не выше	- 40	- 45
Эксплуатация при температуре, °С, не ниже	- 30	- 40
Класс вязкости по SAE	75W	-
Группа свойств по API	GL-2	GL-2

Таблица 3.2 - Рекомендации по применению марок масел для гидромеханических передач

Марка масла	Возможные заменители	Область применения
Масло марки «Р»	А	Гидроусилители руля и гидробъемные передачи автомобилей при эксплуатации при температуре до -35 °С
МГТ	-	Гидромеханические коробки передач при эксплуатации при температуре от +50 до -50 °С
Масло марки «А»	Р	Гидротрансформаторы и автоматические коробки передач автомобилей при эксплуатации при температуре окружающей среды до -35 °С. Масло всесезонное

### **Обозначение масел для гидромеханических передач**

Ввиду специфических требований к маслам для автоматических гидравлических передач эти масла иногда называют жидкостями **ATF (Automatic Transmission Fluids)**.

Крупнейшие производители гидромеханических коробок передач разработали спецификации для автоматических трансмиссионных жидкостей. Наиболее распространены требования **General Motors** и **Ford**. Классификации **General Motors** соответствуют масла под обозначением **Dexron (Dexron II, Dexron II E, Dexron III)**. Масла, соответствующие классификации **Ford**, имеют обозначение **Mercon (V2C 1380CJ, M2C 166H)**. Все эти жидкости представляют собой минеральные масла с хорошей низкотемпературной текучестью.

## **Тема 4. Масла для гидравлических систем**

### **1. Условия работы**

Гидравлические масла, являясь рабочим телом в гидросистемах автомобильной техники (в гидравлических приводах систем управления, в подъемных устройствах автомобилей-самосвалов, дополнительном оборудовании), передают мощности и приводят в действие различные агрегаты и механизмы, а также предохраняют трущиеся детали от износа, отводят избыточное тепло и удаляют продукты износа и загрязнения.

Для гидравлических масел характерны такие условия работы, как большие перепады температур - от  $-30...-40$  до  $+50...+80$  °С; давление в системе 10-15 МПа; скорость скольжения до 20 м/с; контакт с черными и цветными металлами, уплотнениями и шлангами при высоких давлениях и температурах.

### **2. Эксплуатационные требования**

Гидравлические масла должны иметь:

- хорошие низкотемпературные свойства (их температура застывания должна быть ниже на 5-10 °С температуры окружающего воздуха в начальный период работы гидросистемы);
- хорошие вязкостно-температурные свойства (для быстрого срабатывания гидроузла вязкость не должна быть высокой, а с другой стороны, должна быть на достаточном уровне) для обеспечения плавности хода и предотвращения износа;
- хорошие смазывающие свойства и свойства, не допускающие коррозии металлов и сплавов, а также разрушения уплотнений;
- хорошие антипенные свойства (способность жидкости выделять воздух без образования пены);
- хорошую стабильность при эксплуатации и хранении, отсутствие воды и механических примесей.

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

### **3. Классификация гидравлических масел**

В соответствии с межгосударственным стандартом – ГОСТ 17479.3-85 «Масла гидравлические. Классификация и обозначение» – по кинематической вязкости гидравлические масла делят на 10 классов (табл. 4.1), а в зависимости от эксплуатационных



свойств – на 3 группы (табл. 4.2). По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие: маловязкие - классы вязкости с 5 до 15; средневязкие – классы вязкости 22 и 32; вязкие классы - классы вязкости с 46 до 150.

Обозначение гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами МГ (минеральное гидравлическое); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости; третья – обозначается буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам

Пример обозначения гидравлических масел: **МГ-15-В**, где МГ – минеральное гидравлическое масло; 15 - класс вязкости; В - группа масла по эксплуатационным свойствам.

Таблица 4.1 - Классы вязкости гидравлических масел

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

Таблица 4.2- Группы гидравлических масел по эксплуатационным свойствам

Группа масла		Состав масел	Рекомендуемая область применения
по ГОСТ 17479-85	по ИСО 6074-4-82		
А	НН	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестеренными поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до 80 °С
Б	Н	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 80 °С
В	НМ	То же с противоизносными присадками	То же при 90 °С

*Примечание.* Допускается введение в гидравлические масла загущающих (вязкостных) и антипенных присадок.

## Тема 5. Пластичные смазки

### 1. Область применения, структура

*Преимущества пластичных смазок* перед маслами: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, т. е. отсутствие текучести при малых и средних нагрузках; лучшие смазочные и защитные свойства, высокая экономичность. *Недостатки* пластичных смазок – плохая охлаждающая способность трущихся поверхностей, отсутствие выноса продуктов износа из зоны трения, сложность подачи к узлу трения.

**Пластичная смазка** – это коллоидная система, состоящая из двух компонентов: *масляной основы* (минерального, синтетического, растительного или другого масла) и *твердого загустителя* (мыльного, углеводородного, неорганического или органического), кристаллы которого образуют структурный каркас. Смазки обычно содержат стабилизатор структуры и присадки, нередко и различные наполнители (графит, дисульфит молибдена, порошкообразные металлы или их оксиды и др.). Содержание загустителя в смазках составляет 10...20%.

## 2. Эксплуатационные свойства

Основные эксплуатационные свойства пластичных смазок:

- Предел прочности на сдвиг;
- Вязкость;
- Механическая стабильность (способность смазки противостоять разрушению);
- Термическая стабильность (способность смазки сохранять свои свойства без изменения при повышенных температурах);
- Коллоидная стабильность;
- Химическая стабильность (стойкость смазок противостоять окислению при хранении и эксплуатации);
- Водостойкость;
- Способность предотвращать фреттинг-коррозию.

Данные эксплуатационные свойства оцениваются следующими *показателями*.

**Предел прочности** – это минимальное удельное напряжение, которое нужно приложить к смазке, чтобы изменить ее форму и сдвинуть один слой смазки относительно другого. Предел прочности зависит от температуры смазки – с повышением температуры он уменьшается. Этот показатель характеризует способность смазки удерживаться в узлах трения, противостоять сбросу под влиянием инерционных сил. Для рабочих температур предел прочности не должен быть ниже 300-500 Па.

**Пенетрация** – условный показатель механических свойств смазок, численно равный глубине погружения в них конуса стандартного прибора за 5 с. Число пенетрации характеризует густоту смазок и колеблется от 170 до 420. По числу пенетрации смазкам присвоено 9 классов консистенции (на оценке консистенции основана Международная классификация пластичных смазок NLGL (National Grease Institute, USA)).

### Температура каплепадения

В пластичной смазке при нагревании происходит необратимый процесс разрушения кристаллического каркаса, и смазка становится текучей. Переход из пластичного состояния в жидкое условно выражают **температурой каплепадения**, т. е. температурой, при которой из стандартного прибора при нагревании падает первая капля смазки. Температура каплепадения смазок зависит от вида загустителя и его концентрации.

По температуре каплепадения смазки делят на *тугоплавкие (Т)*, *среднеплавкие (С)* и *низкоплавкие (Н)*. Тугоплавкие смазки имеют температуру каплепадения выше 100 °С; низкоплавкие – до 65 °С. Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна превышать температуру рабочего узла на 15-20 °С.

### Эффективная вязкость

Вязкость смазки при определенной температуре и скорости перемещения называется **эффективной вязкостью** и рассчитывается по формуле:

$$\eta_{эф} = \tau / D,$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига;  $D$  – градиент скорости сдвига.

Показатель вязкости имеет большое практическое значение. Он определяет возможность подачи смазок и заправки в узлы трения с помощью различных заправочных устройств. Вязкость смазки определяет также расход энергии на ее перекачку при перемещении смазанных деталей.

**Коллоидная стабильность** – это способность смазки сопротивляться расслаиванию.

**Водостойкость** – это способность смазки противостоять размыву водой. Растворимость смазки в воде зависит от природы загустителя. Наилучшей водостойкостью обладают парафиновые, кальциевые и литиевые смазки. Натриевые и калиевые – водорастворимые смазки.

### 3. Классификация пластичных смазок

#### 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: алюминийевые (Al), бариевые (Ba), калиевые (K), кальциевые (Ca), литиевые (Li), натриевые (Na), свинцовые (Pb), цинковые (Zn). Катион мыла оказывает влияние на температурный диапазон применения.

Смазки, приготовленные на смешанных мылах, обозначаются двойным обозначением, например, натриево-кальциевые (Na-Ca).

**2. Смазки на неорганических загустителях.** К этой группе относятся смазки, в которых загустителем являются термостабильные с развитой 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 – петралатум, церезин, парафин, озокерит, природные и синтетические воски.

По типу дисперсионной среды (масла) смазки делят на смазки на нефтяных, синтетических и растительных маслах.

#### 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.

**Смазки антифрикционные** предназначены для снижения износа и трения сопряженных деталей. Они делятся на подгруппы: С – общего назначения; О – для повышенной температуры; М – многоцелевые; Ж – термостойкие (узлы трения с рабочей температурой

более 150 °С); Н – низкостойкие (узлы трения с рабочей температурой не более 40 °С); И – противозадирные и противопенные; Х – химически стойкие; П – приборные; Т – редукторные (трансмиссионные); Д – приработочные пасты; У – узкоспециализированные.

**Смазки консервационные (защитные)** (обозначаются буквой «З») предназначены для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации механизмов.

**Смазки уплотнительные**, герметизирующие зазоры и неплотности узлов и деталей. Они делятся на подгруппы: А – арматурные (для манжет); Р – резьбовые; В – вакуумные (для уплотнения в вакуумных системах).

**Канатные смазки** (обозначаются буквой «К») служат для предотвращения коррозии и износа стальных канатов.

#### 4. Маркировка смазок.

Условное обозначение каждой смазки состоит из ее наименования (солидол, графитная и т.д.) и индексов, в краткой форме сообщающих о назначении смазки, ее характеристике и составе. Индексное обозначение состоит из пяти буквенных и цифровых индексов, расположенных в следующем порядке:

- указатель группы или подгруппы в соответствии с назначением смазки;
- загуститель;
- температурный интервал применения;
- дисперсионная среда; консистенция смазки.

Тип загустителя (индекс) обозначают буквами русского алфавита: М – мыла (Ба – бариевое; Ли – литиевое; Ка – кальциевое и т.д.); Т – углеводороды твердые; О – органические вещества; Н – неорганические вещества и т. д.

Температурный интервал применения обозначают дробью, цифры которой соответствуют температуре, уменьшенной в 10 раз. Например, 3/13 означает, что данная смазка может работать в интервале температур от –30 до +130 °С.

Минимальной считают температуру, при которой вязкость смазки не превышает 2000 Па·с. Тип дисперсионной среды обозначают следующими индексами: нефтяное масло – н, синтетические углеводороды – у, сложные эфиры – э, фторсилоксаны – ф, кремнийорганические жидкости – к, прочие масла и жидкости – п.

Наличие в смазке твердых добавок обозначают буквами: графит – г, дисульфид молибдена – д, порошки свинца – с, порошки меди – м, порошки цинка – ц. Прочие твердые добавки – т.

Класс консистенции пластичной смазки обозначают арабской цифрой. По числу пенетрации смазкам присвоено 9 классов консистенции.

Примеры обозначения смазок и их расшифровка:

**Литол-24 МЛи 4/13-3**, где М – многоцелевая смазка; Ли – загуститель – литиевое мыло; 4/13 – температурный диапазон применения от –40 до +130 °С; 3 – класс консистенции (пенетрация при 25 °С составляет 220...250);

**Солидол Ж Ска 2/7-2**, где С – антифрикционная смазка общего назначения, применяемая при температуре до 70 °С (солидол); Ка – загуститель – кальциевое мыло; 2/7 – рекомендуемый температурный диапазон применения от –20 до +70 °С; индекс дисперсионной среды отсутствует, следовательно, смазка приготовлена на нефтяном масле; 2 – класс консистенции смазки (пенетрация при 25 °С составляет 265...295);

## **5. Примеры пластичных смазок**

### **1. 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, пресолидол Ж, солидол С или пресолидол С**. Солидол С работоспособен при температуре от -20 до 65 °С. Пресолидол С – от -30 до 50 °С.

### **2. Универсальные смазки**

Универсальные смазки водостойки и работоспособны в широком интервале температур, скоростей и нагрузок. Обладают хорошими консервационными свойствами. Загустителями для них служат литиевые мыла.

**Литол-24** – можно использовать в качестве единой автомобильной смазки, она работоспособна при температуре от -40 до 130 °С.

**Фиол-1, Фиол-2, Фиол-3** – смазки аналогичны Литол-24, но более мягкие, лучше удерживаются в узлах трения.

### **3. 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 грузовых автомобилей, склонна к вытеканию из узлов.

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

**ЛСЦ-15** – применяется в шлицевых соединениях, шарнирах и осях приводов педалей, стеклоподъемниках; обладает высокой водостойкостью, адгезией к металлам, хорошими консервационными свойствами.

### **4. 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.

### **5. 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.

## Литература

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Наука-Пресс, 2004. – 421 с.
2. Кузнецов А. В. Топливо и смазочные материалы. – М.: КолоС, 2007. – 199 с. ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
3. Синельников А. Ф. , Балабанов В. И. Автомобильные масла, топлива и технические жидкости. Краткий справочник. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 160 с.
4. Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы Учебное пособие. – М.: Форум-инфра-М, 2003.
5. Трофименко И.П., Коваленко Н.Н., Лобах В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы. Лабораторный практикум – Мн.: Дизайн ПРО, 2000.

Учебное издание

Составитель: **Монтик Сергей Владимирович**

# **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## **Конспект лекций**

для студентов специальности

**1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»**  
(заочная форма обучения)

Часть 1

Ответственный за выпуск: **Монтик С.В.**

Редактор: **Строкач Т.В.**

Компьютерная вёрстка: **Кармаш Е.Л.**

Корректор: **Никитчик Е.В.**

---

Подписано к печати 03.04.2009 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Бумага «Снегурочка». Усл. п.л. 3,72.  
Уч. изд. л. 4,0. Заказ N409. Тираж 60 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.