



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автосервис»

## **Учебное пособие** по дисциплине

### **«Эксплуатационные материалы»**

Автор  
Годунова Л.Н.

Ростов-на-Дону, 2016

## Аннотация

В учебном пособии приведены основные эксплуатационные материалы, используемые в автомобиле: топлива; моторные и трансмиссионные масла; пластичные и твёрдые смазки; охлаждающие, тормозные, амортизаторные и пусковые жидкости; гидравлические масла; лакокрасочные материалы; клеи; резинотехнические, обивочные и уплотнительные материалы; рассмотрены назначение, ассортимент, состав, маркировка, основные эксплуатационные свойства перечисленных материалов.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения специальности 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», изучающих курс «Эксплуатационные материалы».

## Автор

к.т.н., доцент Годунова Л.Н.



## Оглавление

<b>ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>17</b>
<b>ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОПЛИВАХ .....</b>	<b>33</b>
<b>СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА .....</b>	<b>95</b>
<b>ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ .....</b>	<b>123</b>
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВО-СМАЗЫВАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>141</b>
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ.....</b>	<b>149</b>
<b>ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА И МАСЕЛ.....</b>	<b>165</b>
<b>ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>172</b>
<b>КЛЕИ .....</b>	<b>183</b>
<b>РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИЕ, ОБИВОЧНЫЕ, УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>187</b>

## ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Явление изомерии

У неорганических соединений молекулярная формула является чаще всего точной «визитной карточкой» соединения. Формула  $H_2SO_4$  несомненно формула серной кислоты,  $NaHCO_3$  - бикарбонат натрия и т.д. У органических соединений одну и ту же молекулярную формулу могут иметь разные вещества, например: формулу  $C_2H_6O$  имеют два вещества - газ, диметиловый эфир, и жидкость, этиловый спирт. Формулу  $C_4H_8O$  имеет 21 вещество.

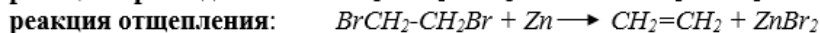
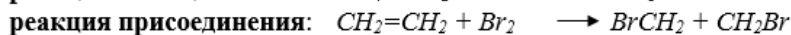
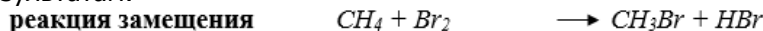
Различные вещества, имеющие одинаковую молекулярную формулу, называют **изомерами**, а само название - **изомерия** (от греческого «изомерос» - состоящий из равных частей).

Причина этого явления заключается в разном порядке связей атомов в молекуле, в разном внутреннем строении молекул.

$CH_3-O-CH_3$  - диметиловый эфир;  $CH_3-CH_2OH$  - этиловый спирт.

### Типы органических реакций

Органические реакции можно классифицировать по их результатам:



Особый, важный тип реакций присоединения составляют взаимодействия между двумя или несколькими органическими молекулами, ведущие к усложнению кислородного скелета. Такие реакции называют: полимеризация, конденсация и поликонденсация.

### Классификация органических соединений

Основу любого органического вещества составляет последовательность химически связанных атомов углерода – его **углеродный скелет** (рис. 1).

Все эти схемы показывают порядок химической связи атомов, но не передают их пространственного расположения. Так, неразветвленная углеродная цепь имеет зигзагообразную форму и может быть изогнута в пространстве самым причудливым образом.

Органические вещества с углеродными цепями (I) и (II) называют соединениями **жирного ряда, ациклическими** или **алифатическими**. Соединения с углеродными циклами (III) и

## Эксплуатационные материалы

(IV) называют **алициклическими**. Схемой (V) изображаются **ароматические** соединения. В данном конкретном случае изображён важнейший их представитель - **бензол**. Формулы (VI) и (VII) показывают, что в состав гетероциклического кольца входят атомы не только углерода, но и других элементов - **гетероатомы** (от греч. «*гетерос*» - разный). Здесь название «углеродный скелет» условно, т.к. в него входят не только атомы углерода.

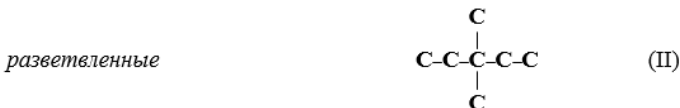
В большинстве органических молекул помимо углерода и водорода содержатся атомы других элементов. Именно от них зависят химические свойства органических веществ. Эти атомы входят в состав особых группировок, называемых **функциональными группами**. Присутствие той или иной функциональной группы определяет принадлежность органических соединений к определённым классам.

Различают следующие типы углеродного скелета:

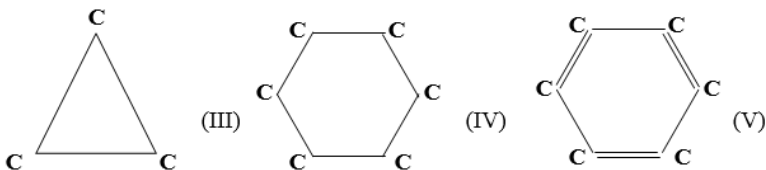
а) **ациклический скелет**, т.е. углеродные цепи



и



б) **циклический скелет**



в) **гетероциклический скелет**

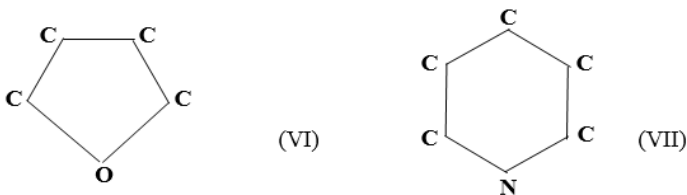


Рис. 1. Типы углеродного скелета.

Гетероатомы, входящие в состав функциональных групп, позволяют подразделять их на **кислородные функции OH, CO, COOH** и другие; **азотные функции NO, NO, NH** и другие; **сер-**

ные функции  $\text{SH}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_3\text{H}$  и другие; **фосфорные функции**  $\text{PH}$ ,  $\text{PO}(\text{OH})$  и другие.

В молекуле органического вещества могут находиться и несколько функциональных групп. Если эти группы **одинаковы** (два галогена, два или три гидроксила и т.д.), такое соединение называют **полифункциональным**. Если в органическое соединение входят **разные** функциональные группы, его называют **гетерофункциональным**.

<i>Функциональные группы</i>		<i>Класс соединений</i>
Галогены	<b>F, Cl, Br, I</b>	Галогенопроизводные
Гидроксил	<b>–OH</b>	Спирты, фенолы
Карбонил	$\text{C}=\text{O}$	Альдегиды, кетоны
Карбоксил	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{–C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	Карбоновые кислоты
Нитрогруппа	<b>–NO<sub>2</sub></b>	Нитросоединения
Аминогруппа	<b>–NH<sub>2</sub></b>	Амины
Диазогруппа	<b>–N<sub>2</sub>X</b>	Диазосоединения
Меркаптогруппа	<b>–SH</b>	Тиолы (меркаптаны, теоспирты)
Сульфогруппа	<b>–SO<sub>3</sub>H</b>	Сульфокислоты
Металлы	<b>Li, Mg, Al</b>	Металлоорганические соединения

## Выделение и анализ органических веществ

**Перекристаллизация.** Простейшим доказательством чистоты кристаллического вещества может служить постоянство его температуры плавления при повторных кристаллизациях – «перекристаллизация до постоянной температуры плавления». Для доказательства идентичности синтезированного вещества с другим имеющимся в наличии образцом проводят определение температуры плавления смеси обоих веществ: отсутствие депрессии температуры плавления, т.е. понижет на идентичность смешанных веществ.

**Перегонка.** Этот метод часто используется для очистки органических веществ. Это и простая перегонка, и перегонка в ва-

## Эксплуатационные материалы

кууме, позволяющая снизить температуру кипения по сравнению с перегонкой при атмосферном давлении примерно на  $1000^{\circ}\text{C}$  (обычный вакуум - остаточное давление 130...1300 Па) или  $2000^{\circ}\text{C}$  (высокий вакуум - остаточное давления 13...1,3 Па). Хороший способ очистки - перегонка с водяным паром.

**Возгонка.** Относительно редко применяемый процесс очистки, при котором используется способность ряда веществ переходить из твёрдого состояния в парообразное, минуя жидкое. Весьма эффективный способ очистки.

**Экстракция** основана на разделении веществ путём распределения их между несмешивающимися растворителями. Водный раствор органического вещества трясут с такими растворителями, как эфир, бензол и т.д. При этом органическое вещество переходит из водного слоя в слой органического растворителя. Таким образом отделяют органическое вещество от неорганических солей, а также разные органические вещества друг от друга.

**Хроматография** основана на различиях в адсорбционных свойствах веществ. Разделяемую смесь пропускают через адсорбент - вещество, способное с разной силой взаимодействовать с компонентами разделяемой смеси. При этом более сильно адсорбирующиеся вещества отстают в своем движении от слабо адсорбирующихся; так происходит их разделение. Особенно эффективна газожидкостная хроматография, при которой через адсорбент пропускают пары органических веществ. Многие вещества, описанные ранее как индивидуальные, при исследовании методом газожидкостной хроматографии оказались смесями нескольких компонентов.

Все эти методы используют и в лаборатории, и в промышленности.

### Углеводороды

Благодаря способности атомов углерода образовывать цепи и циклы различного размера и формы, а также различные типы связей возможно существование большого числа углеводородов. Углеводороды разных типов отличаются друг от друга также степенью насыщения водородом. Число атомов водорода в молекуле любого углеводорода **чётное**.

### Алканы

Алканы являются углеводородами, наиболее богатыми водородом, они насыщены им до предела. Отсюда названия - **насыщенные** или **предельные** углеводороды. Их называют также **парафинами** или углеводородами ряда метана (по перво-

му члену ряда).

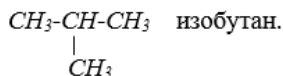
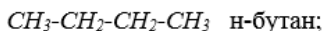
**Гомологический ряд.** Каждый последующий член ряда отличается от предыдущего по составу на одну группу  $CH_2$ . Общая формула ряда  $C_nH_{2n+2}$ . Простейший представитель  $CH_4$  - метан. Химические свойства всех парафинов сходны. Отсюда ряд соединений, обладающих сходным химическим строением, сходными свойствами и отличающихся друг от друга по составу на группу  $CH_2$ , называется **гомологическим рядом**. Члены этого ряда носят название **гомологов**, разница в составе двух соседних членов ряда называется **гомологической разницей**.

**Строение.** Общая черта в строении насыщенных соединений **простая** или **одинарная** связь между атомами углерода. На образование этой связи затрачивается **одна пара** электронов.

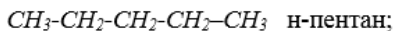
**Изомерия.** Вид изомерии, когда вещества отличаются порядком связи атомов в молекуле, называют **структурной изомерией**. Изомерия предельных углеводородов обусловлена простейшим видом структурной изомерии - **изомерией углеродного скелета** (рис. 2). Соединения, имеющие неразветвленную углеродную цепь, называют **нормальными**.

Метан, этан, пропан существуют только в одной форме, не имеют изомерии.

$C_4H_{10}$  бутан:



$C_5H_{12}$  пентан:



изопентан;

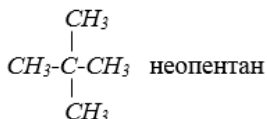


Рис. 2. Изомерия алканов

С увеличением числа атомов углерода в молекуле возрастает и число теоретически возможных изомеров. Для углеводородов с  $C_1...C_3$  они получены, для высших членов ряда известны лишь некоторые.

*Если атом углерода затрачивает на углерод-углеродную связь одну единицу валентности, то его называют первичным, две*

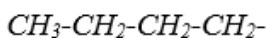


## Эксплуатационные материалы

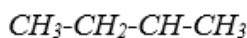
- вторичным, три - третичным, все четыре - четвертичным. У нормальных алканов бывают только первичные (на концах) и вторичные (в середине) атомы углерода.

Одновалентные остатки, получающиеся при отнятии атома водорода от алканов, называются **алкилами**, например,  $CH_3$  - метил,  $C_2H_5$  - этил и т.д. Общая формула **алкилов**  $C_n H_{2n+1}$ , их часто заменяют сокращенно **Alk** или **R**. Алкилы могут быть **первичными, вторичными** или **третичными** (рис. 3).

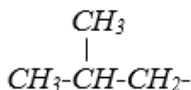
**Физические свойства.** Первые четыре члена гомологического ряда - газообразные вещества, от  $C_5$  до  $C_{15}$  - жидкости, от  $C_{16}$  и выше - твердые вещества. В гомологическом ряду постепенно увеличиваются температура кипения, плавления и плотность, например: метан  $CH_4$   $T_{пл} = -182,5^0 C$ ;  $T_{кип} = -161,5^0 C$ ; относит. плот. = 0,424. Гептан  $C_7 H_{16}$   $T_{пл} = -90,6^0 C$ ;  $T_{кип} = +98,4^0 C$ ; относит. плот. = 0,684.



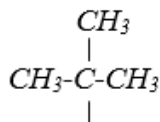
Бутил



вторичный бутил  
(втор-бутил)



изобутил



третичный бутил  
(трет-бутил)

Рис. 3. Примеры алкилов

Алканы с разветвленной цепью кипят при более низкой температуре, чем изомеры с нормальной цепью. Температура плавления, наоборот, повышается с ростом разветвленности углеродной цепи. Плотности всех алканов меньше «1», они все нерастворимы в воде, однако растворимы в эфирах и др. органических растворителях. Углеводороды  $C_3...C_{15}$  имеют запах бензина или керосина, первые два члена почти не пахнут, высшие не пахнут из-за плохой летучести.

**Химические свойства.** В химическом отношении алканы мало активны, из-за этого и названы парафинами. При обычных температурах на них не действуют концентрированные кислоты

## Эксплуатационные материалы

(азотная, серная и т.д.), расплавленные и концентрированные щёлочи, обычные окислители (перманганат калия, хромовая смесь). Металлы не вытесняют водород из их соединений.

Всё это определяет круг реакций насыщенных углеводородов:

- **радикальные реакции замещения**, идущие в жёстких условиях (свет, высокая температура и т.д.);

- к **реакции присоединения** алканы неспособны, чем и отличаются от непредельных углеводородов:

- при **крекинге** ( $t = 400...600^{\circ} \text{C}$ ) происходит расщепление высококипящих углеводородов на молекулы простых низкокипящих. Предельные углеводороды образуют простые насыщенные и ненасыщенные (рис. 4).

- при **пиролизе** ( $t = 650...700^{\circ} \text{C}$ ) идёт более глубокий распад и образуется много водорода, кокса и простейших предельных и непредельных углеводородов;

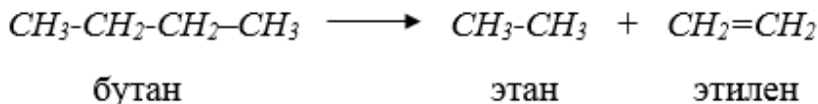


Рис. 4. Расщепления предельного углеводорода при крекинге

- **дегидрирование** - отнятие водорода с превращением предельных углеводородов в непредельные;

- **ароматизация** превращение в ароматические углеводороды;

- **изомеризация** перестройка углеродного скелета.

### Циклоалканы

Циклическими называют соединения, имеющие замкнутые цепи (от греч. «циклос» - круг). Молекулы незамещённых **циклоалканов (циклопарафинов)** состоят из замкнутых в цикл групп  $\text{CH}_2$ ; по названию этой группы их иногда называют **полиметилновыми** углеводородами.

**Строение, номенклатура, изомерия.** Общая формула гомологического ряда циклоалканов  $(\text{CH}_2)_n$  или  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ . Таким образом, молекула циклоалкана содержит на два атома водорода меньше, чем парафин с тем же числом атомов углерода. Название циклоалканов образуют путём добавления приставки **цикло** к названию соответствующего алкана (рис. 5).

## Эксплуатационные материалы

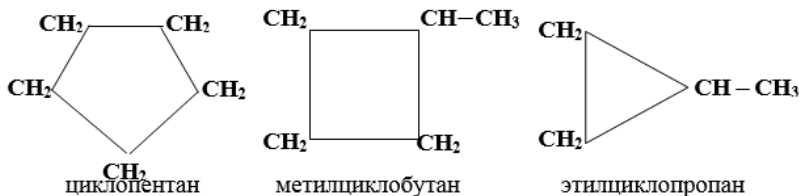


Рис. 5. Примеры циклоалканов

В нефти циклоалканы называют **нафтенами**.

**Физические свойства.** Первые два члена этого ряда (циклопропан  $C_3H_6$ , циклобутан  $C_4H_8$ ) - газы,  $C_5...C_{10}$  - жидкости, высшие твёрдые вещества. Температура кипения и плавления циклоалканов, как и их плотности, несколько выше, чем у парафинов с равным числом атомов углерода. Как и парафины, циклоалканы практически нерастворимы в воде.

**Химические свойства.** По химическому характеру малые циклоалканы склонны к реакциям присоединения, в результате которых происходит разрыв цикла и образуются парафины и их производные, чем они напоминают ненасыщенные соединения. Циклы с большим числом звеньев более склонны к реакциям замещения, напоминая этим парафины.

Например, **циклопентан** используется как добавка к моторному топливу для повешения его качества.

### Алкены

Алкенами называют **ненасыщенные** углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь (рис.6). Часто их называют **олефины**. Простейший представитель **этилен**  $C_2H_4$ . Гомологический ряд этиленовых углеводородов имеет общую формулу  $C_nH_{2n}$ , т.е. такую же, как и циклопарафины. Таким образом, олефины и циклопарафины - изомеры, относящиеся к различным гомологическим рядам.

**Строение алкенов.** Характерной особенностью строения является наличие в молекуле одной **двойной** углерод-углеродной связи.

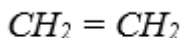


Рис. 6. Этилен

Для олефинов характерна изомерия углеродного скелета и изомерия положения двойной связи. Названия олефинов характерны

ризуются окончанием **илен**: этилен, пропилен, бутилен и т.д.

**Физические свойства.** Олефины по физическим свойствам близки к соответствующим парафинам. Однако температура кипения их несколько ниже, чем у соответствующих парафинов, а плотность несколько выше. Первые три члена ряда  $C_2...C_4$  - газы, от  $C_5$  до  $C_{17}$  - жидкости,  $C_{18}$  и выше – твёрдые вещества. Изомерия углеродной цепи, изомерия положения двойной связи отражаются на физических константах изомеров (т.е. температурах кипения, плавления, плотности). Все олефины имеют плотность меньше единицы, обладают характерным запахом, в воде растворимы плохо, но все же много лучше, чем соответствующие парафины.

**Химические свойства.** Для олефинов характерны **реакции присоединения** с разрывом двойной связи. Кроме того, олефины могут вступать в реакцию между собой (**реакция полимеризации**), легко подвергаются действию различных окислителей, вступают в реакцию с озоном и в некоторых случаях могут вступать в реакцию замещения.

### Алкины

Алкины - ненасыщенные углеводороды, содержащие в молекуле одну **тройную** связь (рис. 7). Простейшим представителем алкинов является **ацетилен**  $C_2H_2$ , поэтому их часто называют **ацетиленовыми** углеводородами. Общая формула алкинов  $C_n H_{2n-2}$ .

**Строение, изомерия, номенклатура.** Главный фактор, характеризующий сущность алкинов это тройная углерод-углеродная связь.

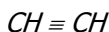


Рис. 7. Ацетилен

Изомерия алкинов обусловлена строением углеродной цепи и положением тройной связи. Принцип построения названий тот же, что и алкенов. Названия алкинов имеют окончание **ин**: например, бутин.

Наиболее часто встречающиеся радикалы алкинов:  $CH=C-$  - этинил,

$CH \equiv C-CH-$  - пропaгил.

**Физические свойства.** По физическим свойствам алкины напоминают олефины и парафины.  $C_2...C_4$  - газы,  $C_5...C_{16}$  - жидкости, высшие - твёрдые вещества. Температура кипения и плотность алкинов несколько выше, чем у соответствующих алкенов. Растворимость низших алкинов в воде несколько выше, чем алке-

нов и алканов, однако всё же очень мала.

**Химические свойства.** Типичными реакциями как для ненасыщенных углеводородов являются **реакции присоединения**. Алкины легко окисляются с разрывом по тройной связи и в присутствии катализатора могут реагировать друг с другом (**реакция полимеризации**).

### Диеновые углеводороды

Соединения, содержащие в углеродной цепи две двойные связи, называют **диеновыми**. Углеороды такого типа с открытой цепью называют **алкадиенами**, а циклические - **циклоалкадиенами**.

**Изомерия, номенклатура, классификация.** Общая формула алкадиенов

$C_nH_{2n-2}$  (как и ацетиленов). Следовательно, соединения с двумя двойными связями изомерны соединениям с одной тройной связью.

Изомерия диеновых соединений обусловлена строением углеродного скелета и относительным расположением двойных связей. Перед окончанием **ен**, символизирующим двойную связь, ставят греческое числительное **ди** - так образуется окончание **диен**, например, бутадиен.

По взаимному расположению двойных связей диены различают:

▪ **C=C=C** с кумулированными двойными связями;  
 $CH_2=C=CH_2$  - аллен;

▪ **C=C-C=C** с сопряжёнными двойными связями;  
 $CH_2=CH-CH=CH_2$  - дивинил;

▪ **C=C-(C<sub>n</sub>)-C=C** с изолированными двойными связями;  
 $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$  - пентадиен 1,4.

Химические свойства. Реакции присоединения типичны как для всех ненасыщенных углеводородов, но особенностью их является возможное получение двух продуктов, так как разрывается только одна двойная связь, вторая остается незатронутой.

### Ароматические углеводороды

К ароматическим относят вещества, в молекулах которых имеется устойчивая циклическая группировка (рис. 8) с особым характером связи. Химия ароматических соединений – это, прежде всего химия бензола и его производных, а также нафталина, антрацена и др.

**Строение бензола.**  $C_6H_6$  - бензол простейший представитель ароматических соединений. Это шестичленный циклический

углеводород с тремя сопряженными двойными связями (циклогексаatriен-1,3,5).

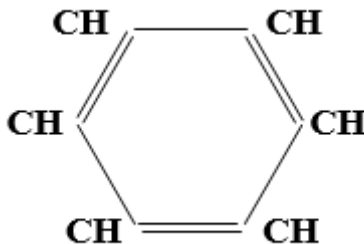


Рис. 8. Бензол

**Изомерия производных бензола.** Однозамещенные бензолы производных не имеют, т.к. все атомы углерода в бензоле равноценны. Двухзамещенные бензолы существуют в виде трёх изомеров (рис. 9), отличающихся расположением заместителей относительно друг друга. Положение заместителей указывают при помощи приставок или обозначают цифрами.

Три изомера имеют трёх- и четырёхзамещенные бензолы с одинаковыми заместителями (рис. 10).

Пяти- и шестизамещенные соединения изомеров не имеют, по той же причине, что однозамещенные.

Атомы водорода бензола могут быть замещены алкильными радикалами. Общая формула таких углеводородов  $C_nH_{2n-6}$ . Заместителями могут быть так же ненасыщенные радикалы (алкенильные, алкинильные). В молекулах «бензоидных» углеводородов различают две части: бензольное ядро и боковую цепь.

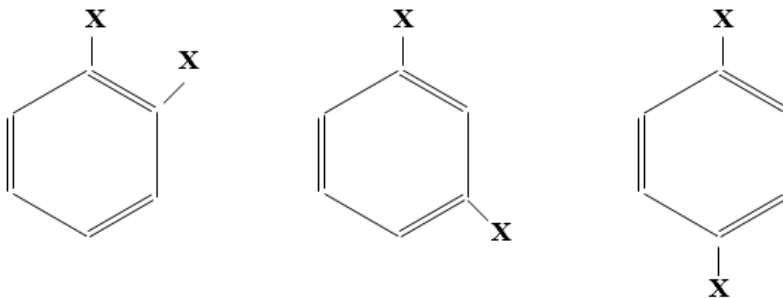


Рис. 9. Двухзамещенные бензолы

Эксплуатационные материалы

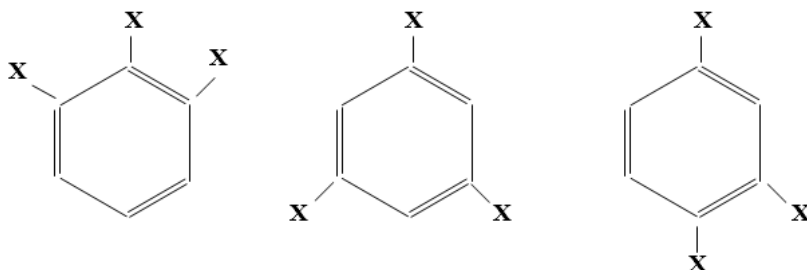


Рис. 10. Трёхзамещённые бензолы

Названия углеводородов ряда бензола составляют из названий радикалов боковых цепей с добавлением окончания **бензол**. Для многих употребляют и другие названия (рис. 11).

Общее название ароматических углеводородов - **арены**.  
Общее название ароматических радикалов - **арилы**.

**Физические свойства.** Бензол и его ближайшие гомологи - бесцветные жидкости с характерным запахом. высшие гомологи – твёрдые вещества. Температура плавления и кипения зависят от состава и изомерии боковых цепей, от расположения боковых цепей в цикле. Плотность аренов меньше единицы. Они мало растворимы в воде, но во всех соотношениях смешиваются с органическими растворителями. Жидкие арены сами являются хорошими растворителями органических веществ. Они легко воспламеняются и горят ярким, сильно коптящим пламенем. Пары и жидкости токсичны, некоторые вещества канцерогены, поэтому при работе с ними требуется осторожность.

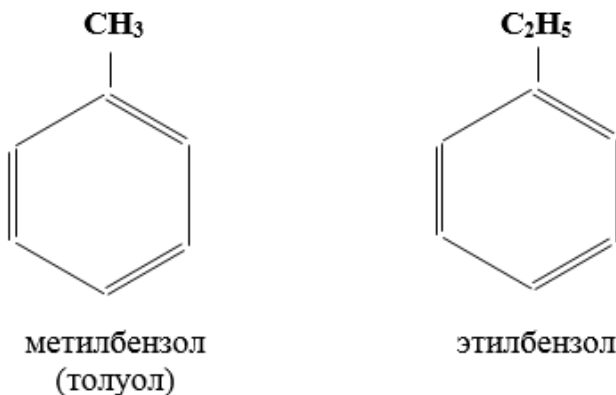


Рис. 11. «Бензоидные» углеводороды

**Химические свойства.** При явной ненасыщенности состава бензол проявляет насыщенный характер: склонность к реакциям замещения и устойчивость к действию окислителей. Реакции присоединения затруднены, для их проведения необходимы особые условия.

### Библиографический список

1. *Березин Б.Д., Березин Д.Б.* Курс современной органической химии. – М.: Высшая школа, 1999. – 768с.
2. *Артёменко А. И.* Органическая химия: Учеб. пособие для студ. не хим. специальности вузов / *А.И. Артёменко.* – М.: Высш. шк., 2003. – 605 с.
3. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
4. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи.* – М.: Химия, 1986. – 367 с.
5. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко.* – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.



## ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Россия одно из немногих крупных индустриальных государств использующее в своём экономическом развитии собственные топливно-энергетические ресурсы. И главным источником для производства топлив, смазочных материалов, тормозных и амортизационных жидкостей является нефть. Кроме того, из нефти получают обивочные материалы, пластические массы, резиновые изделия и т.д., т.е. почти все неметаллические материалы, применяемые в автомобиле.

Нефть используется и в других отраслях промышленности для тех же целей что и в автомобилестроении, и, кроме того, для получения растворителей, асфальта, синтетических моющих средств, кокса и многого другого.

Нефть относится к невозобновляемым видам сырья, запасы её ограничены. Старые месторождения нефти истощаются, но, несмотря на использование современных технологий, в земле остаётся половина запасов, т.к. извлекать нефть полностью пока не удаётся.

Новые месторождения открывают, как правило, в труднодоступных, малообжитых районах, либо на морском шельфе. В связи с этим запасы на добычу нефти велики.

Поэтому развитие производства и потребления автомобильных топливно-смазочных материалов идёт по трём основным направлениям:

- 1) Увеличение ресурсов жидких нефтяных топлив:
  - а) углубление переработки нефти; (повышение выхода топлива);
  - б) оптимизация качества топлив.
- 2) Снижение расхода топлива в двигателях:
  - а) дизелизация автомобилей; (Дизель на 25...30 % расходует меньше бензинового двигателя);
  - б) конструктивное усовершенствование двигателей;
  - в) снижение фактического расхода в условиях эксплуатации.
- 3) Применение альтернативных топлив:
  - а) сжиженные и сжатые газы;
  - б) из углей, сланцев и др. горючих ископаемых;
  - в) кислородосодержащие топлива (спирты, эфиры и др.).

## Нефть

Сырая нефть представляет собой маслянистую жидкость от светло-коричневого до чёрного цвета, иногда буро-зелёного, в зависимости от месторождения. У разных нефтей различен не только цвет, но и запах, вязкость. Плотность нефти изменяется в пределах 700...900 кг/м<sup>3</sup>.

До 99 % в нефтях содержатся углеводороды разнообразного строения: парафиновые, циклопарафиновые (нафтеновые), ароматические. Низшие газообразные парафины сопутствуют нефти (попутный нефтяной газ), частично растворены в ней. В жидких углеводородах растворены также высшие твёрдые углеводороды.

Нефти, содержащие большое количество парафиновых углеводородов, называют парафиновыми (грозненская, среднеазиатская, пенсильванская). Нефти богатые циклопарафинами называют нафтеновыми (бакинская). Есть нефти богатые ароматическими углеводородами (уральская, украинская, румынская). Нефти, дающие при переработке значительное количество гудрона, называют асфальтовыми.

Кроме углеводородов в состав нефти в малом количестве входят соединения, содержащие кислород (нафтеновые кислоты, фенол), серу (тиофен и его производные), азот (гетероциклические соединения).

Использование нефти в качестве топлива связано с её высокой теплотворной способностью: при сгорании 1 кг нефти выделяется 41700 - 46000 кДж; 1 кг угля - 33300 кДж; 1 кг древесины - 19500 кДж. И хотя Д.И. Менделеев и говорил: «Нефть не топливо - топить можно и ассигнациями», нефть нас прежде всего интересует как источник топлива и смазочных материалов. Топливо - источник энергии двигателей и машин, а смазочные материалы - средство снижения трения и износа механизмов, а, следовательно, снижения потерь и увеличения долговечности и безотказности машин.

Принято различать элементарный, групповой и фракционный составы нефти.

**Элементарный состав** определяет, какие химические элементы и в каком соотношении содержатся в нефти. Основные элементы это углерод (84...87 %), водород (12...15 %). Остальное - сера, азот, кислород и некоторые другие элементы, в том числе и металлы.

**Групповой состав** определяется группами входящих в нефть углеводородов. Основные: метановые (насыщенные,

парафиновые, предельные, алканы) с общей структурной формулой  $C_nH_{2n+2}$ ; нафтеновые (полиметиленовые, цикланы) с общей структурной формулой  $C_nH_{2n}$  и ароматические (бензолные, арены) с общей структурной формулой  $C_nH_{2n-6}$ .

Углеводороды, содержащие от 1 до 4 атомов углерода, при нормальных условиях являются газами и могут находиться в нефтях и нефтепродуктах в растворённом виде. Жидкие углеводороды, содержащие в молекуле от 5 до 20 атомов углерода, входят в состав топлив. В состав масел входят углеводороды с числом атомов углерода в молекуле от 20 до 70. Углеводороды парафинового ряда нормального строения с 17 и более атомами углерода - твёрдые вещества и находятся в нефтях в растворённом состоянии.

**Фракционный состав** нефти определяется при её разделении по температурам кипения входящих соединений. **Фракцией** называют часть жидкости, выкипающей в определённом диапазоне температур. Большое разнообразие углеводородов в нефти приводит к тому, что нефть не имеет постоянной температуры кипения и при нагревании выкипает в широких температурных пределах. Наиболее лёгкие углеводороды начинают испаряться и выкипать при слабом нагревании до 30...40° С. При одной и той же температуре могут выкипать углеводороды, обладающие различным групповым составом, следовательно, в одну и ту же фракцию входят углеводороды разных групп.

**Примеси к нефти.** Среди примесей наибольшее влияние на качество топливо-смазочных материалов оказывают сернистые и кислородные соединения. Эти соединения оказывают многостороннее влияние на эксплуатационные характеристики двигателей и механизмов и прежде всего на их коррозионный износ.

Сернистые соединения разделяют на **активные и неактивные**. К активным относят элементарную серу S, сероводород  $H_2S$  и меркаптаны  $RSH$ , к неактивным - сульфиды  $RSR$ , дисульфиды  $RS_2R$ , полисульфиды  $RS_nR$  и т.д.

*Основную часть кислородных соединений составляют органические кислоты, главным образом нафтеновые, и смолисто-асфальтовые вещества. В состав этих веществ могут входить и сера и азот. Смолисто-асфальтовые вещества делят на смолы, асфальтогеновые кислоты, асфальтены, карбены и карбоиды.*

**Смолы** - высокомолекулярные кислородосодержащие вещества, в состав которых могут входить сера, азот и некоторые металлы.

**Асфальтогеновые кислоты** (полинафтеновые) - смоли-

стые вещества, входящие в состав высокомолекулярных частей нефти.

**Асфальтены** - высокомолекулярные твёрдые и мазеобразные вещества. При нагревании свыше 330<sup>0</sup> С разлагаются с образованием газа и кокса.

**Карбены** - продукты уплотнения и полимеризации асфальтенов.

**Карбоиды** - комплекс высокомолекулярных соединений, образующихся при окислении и термическом разложении нефти и нефтепродуктов. Карбены и карбоиды - твёрдые вещества черного цвета, нерастворимые в органических и минеральных растворителях.

Задача создания высококачественных двигателей и машин связана с изучением свойств топливо-смазочных материалов, физико-химических процессов, происходящих в двигателе и механизме. В результате на стыке таких наук, как физика, органическая, физическая и коллоидная химия, теплотехника, экология появилось новое научное направление - **ХИММОТОЛОГИЯ**.

Основными задачами химмотологии являются:

а) определение оптимальных требований к топливо-смазочным материалам;

б) разработка и внедрение новых сортов;

в) классификация;

г) установление научно обоснованных норм расхода;

д) разработка методов оценки эксплуатационных свойств, испытаний и контроля качества;

е) изучение процессов, происходящих с топливо-смазочными материалами в двигателях, при хранении и транспортировке;

ж) установление влияния свойств топливо-смазочных материалов на надёжность, долговечность и экономичность двигателей и машин;

з) решение проблем по защите окружающей среды.

Химмотология разделяет свойства топливо-смазочных материалов на три группы:

- физико-химические;

- эксплуатационные;

- экологические.

К **физико-химическим** относят свойства, определяемые в лабораториях, например: плотность, вязкость, испаряемость, теплота сгорания и т.д. К **эксплуатационным** - свойства, проявляющиеся непосредственно в двигателе, например: детонационные

свойства, склонность к образованию отложений, противоизносные, антикоррозионные свойства и др. К **экологическим** - свойства, оказывающие влияния на окружающую среду, например: загрязнение воздуха продуктами, выделяющимися при работе двигателя, пожаро- и взрывоопасность и др.

Отдельные свойства топливо-смазочных материалов и их комплекс используют для характеристики качества продукта по **показателям качества**, например: октановое число топлива, температура застывания, температура вспышки и т.д. С помощью специальных испытаний можно произвести оценку качества, т.е. количественно определить качество топливо-смазочного материала. Качество топливо-смазочных материалов оценивают лабораторными (физико-химическими) и специальными методами.

**Лабораторные методы** используют при определении физико-химических показателей и для косвенной оценки отдельных функциональных свойств. Основным достоинством этих методов является то, что с их помощью можно выполнить дифференцированную оценку отдельных свойств топливо-смазочных материалов. Однако вследствие большой сложности и взаимосвязи процессов, происходящих в двигателе, лабораторные методы не дают возможности получить достаточно полное представление о работе топливо-смазочных материалов в реальных условиях.

**Специальные методы** предназначены для прямой оценки эксплуатационных свойств топливо-смазочных материалов. К ним относят **эксплуатационные испытания** и **квалификационные методы испытаний**.

**Эксплуатационные испытания** проводят на натуральных объектах в условиях, максимально приближённых к реальным условиям эксплуатации. Основной недостаток - большая длительность (до нескольких лет). Проводят при допуске новых сортов, при подборе к конкретным двигателям и машинам, при подборе к конкретным условиям эксплуатации, при разработке новых двигателей и машин.

**Квалификационные методы испытаний** проводят на стендах с использованием модельных установок, натуральных агрегатов, одноцилиндровых установок, полноразмерных двигателей. Эти методы по сравнению с лабораторными позволяют более точно и полно оценить эксплуатационные свойства топливо-смазочных материалов, а по сравнению с эксплуатационными методами - упростить условия и значительно сократить длительность испытаний. Кроме того, по сравнению с эксплуатационными квалификационные методы позволяют уменьшить, а иногда и

устранить, влияние посторонних факторов на исследуемый показатель, следовательно, повысить точность и объективность испытаний. Используют для установления связей между показателями качества топливо-смазочных материалов и конструкцией двигателя, разработки требований к качеству топливо-смазочных материалов и т.д. Однако окончательное решение принимают на основании эксплуатационных испытаний.

Однако повышение величины показателя ведет к увеличению производственных затрат. Поэтому повышение качества необходимо рассматривать в связи с повышением стоимости производства продукта и экономией, при его использовании. Использование топливо-смазочных материалов с необоснованным запасом качества приводит к нерациональным расходам в нефтеперерабатывающей промышленности, а потребление топливо-смазочных материалов, не отвечающих требованиям эксплуатации, – к снижению надёжности двигателей, машин и механизмов.

Не менее важным, а иногда и основным, является условие устранения отрицательного экологического воздействия продуктов переработки топливо-смазочных материалов в двигателе.

### Переработка нефти

Процесс разделения углеводородов нефти по температурам их кипения называется **прямой перегонкой** или **дистилляцией**. Полученные в результате перегонки отдельные фракции нефти называют **дистиллятами**. Прямая перегонка нефти при атмосферном давлении является обязательным первичным процессом переработки нефти.

Установки по первичной переработки нефти являются обязательными для всех заводов. Наличие других установок определяется свойствами перерабатываемой нефти, профилем продукции, вырабатываемой на заводе и другими факторами.

Современная установка по переработке нефти работает по непрерывному циклу. Установка состоит из атмосферной и вакуумной ректификационных колонн (рис. 12), в которых создаются условия, обеспечивающие достаточно полное испарение, вводимого в неё сырья. Этими условиями являются температура и давление. Нефть под давлением подают насосами в печь, где её нагревают до температуры 330...350<sup>0</sup> С. Горячая нефть, вместе с парами попадает в среднюю часть атмосферной ректификационной колонны, где она вследствие снижения давления дополнительно испаряется и, испарившиеся углеводороды, отделяются от жидкой части нефти - мазута. Пары углеводородов поднимаются

вверх, а жидкий остаток стекает вниз. По пути движения паров углеводородов устанавливаются ректификационные тарелки, на которых конденсируется часть паров углеводородов. Температура по высоте колонны уменьшается от максимальной в зоне ввода продукта до минимальной сверху. Таким образом, в ректификационной колонне по её высоте углеводороды нефти разделяют на фракции в зависимости от температуры кипения. Вверху колонны бензиновые фракции с температурой кипения от 30 до 180...205<sup>0</sup> С, ниже легроиновый дистиллят (120...240<sup>0</sup> С), далее керосиновый дистиллят (150...315<sup>0</sup> С), дизельный дистиллят (150...360<sup>0</sup> С), газойлевый (230...360<sup>0</sup> С).

Мазут в зависимости от его состава можно использовать или в виде топлива, или подвергают дальнейшему разделению в вакуумной ректификационной колонне, или в качестве сырья используют на установке крекинга.

Перед поступлением в вакуумную ректификационную колонну мазут нагревают до 420...430<sup>0</sup> С. Давление в вакуумной колонне 5300-7300 Па. Температура кипения в вакууме углеводородов снижается, что позволяет испарить тяжелые углеводороды без разложения. При нагревании нефти выше 430<sup>0</sup> С может начаться термическое разложение углеводородов. В вакуумной колонне сверху отбирают соляровый дистиллят (300...400<sup>0</sup> С), ниже масляные фракции и далее полугудрон или гудрон, из которых путём глубокой очистки делают высоковязкие остаточные масла.

Сначала веретённый дистиллят, затем машинный или автоловый, и, последний, цилиндрический. В отличии от дистиллятных остаточные масла характеризуются большой малярной массой, а, следовательно, более высокой температурой кипения, плотностью и вязкостью. Большинство сложных кислородо-серосодержащих соединений также обладают большой малярной массой и остаётся в гудроне. Поэтому остаточные масла содержат эти соединения в большем количестве, чем дистиллятные.

Нефтепродукты первичной переработки нефти называют прямогонными.

Появление двигателей внутреннего сгорания привело к революции в нефтепереработке, т.к. потребовалось большое количество бензина.

Прямой перегонкой нефти можно получить только небольшое количество бензиновой фракции, которая непосредственно находится в нефти. Необходимо было повысить выход бензина из нефти за счёт превращения тяжёлых углеводородов с большим числом углеродных атомов молекуле в более лёгкие, с температу-

рой кипения в пределах бензиновой фракции.

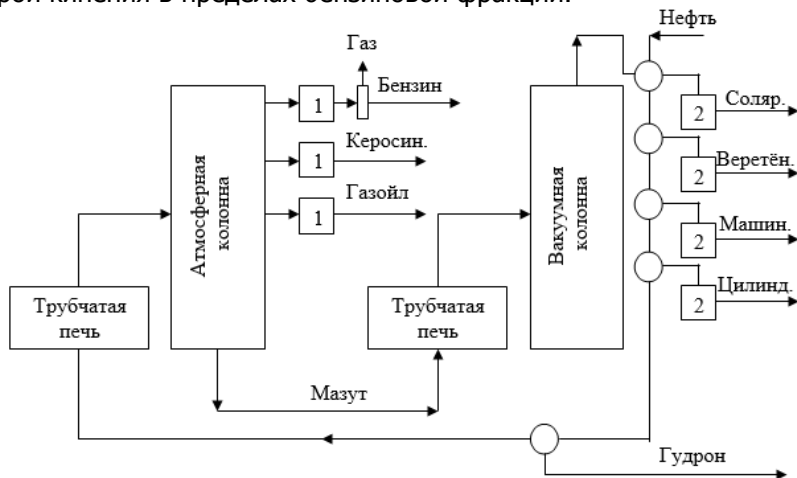


Рис. 12. Схема установки атмосферно-вакуумной перегонки нефти  
1 – погруженные холодильники, 2 – теплообменники.

Процесс расщепления молекул тяжёлых углеводородов называют **крекингом**. Крекинг осуществляют путём нагрева обрабатываемого сырья до определённой температуры без доступа воздуха, без катализатора (*термический крекинг*) или в присутствии катализатора (*каталитический крекинг*). Крекинг позволил увеличить выход бензиновых фракций из нефти до 50...60 % против 20...25 %, получаемых прямой перегонкой.

*Термический крекинг* проходит при температура 470...540<sup>0</sup> С и давлении 2...5 МПа. Вместе с расщеплением углеводородов при термическом крекинге протекают процессы синтеза и в результате создаются высокомолекулярные соединения. А также появляются отсутствующие в природной нефти химически неустойчивые непредельные углеводороды. Эти два фактора являются основным недостатком термического крекинга и причиной замены его другими процессами переработки нефти.

К таким процессам относится *каталитический крекинг*, который протекает при тех же температурах, что и термический крекинг, но при давлении близком к атмосферному и в присутствии катализатора. В качестве катализатора наибольшее распространение получили твёрдые алюмосиликатные катализаторы, в состав которых входят окись кремния и окись алюминия. Основной реакцией каталитического крекинга так же является расщепление сложных и больших молекул на более лёгкие с меньшим



числом атомов углерода. Скорость расщепления значительно выше. Схема установки каталитического крекинга представлена на рис. 13.

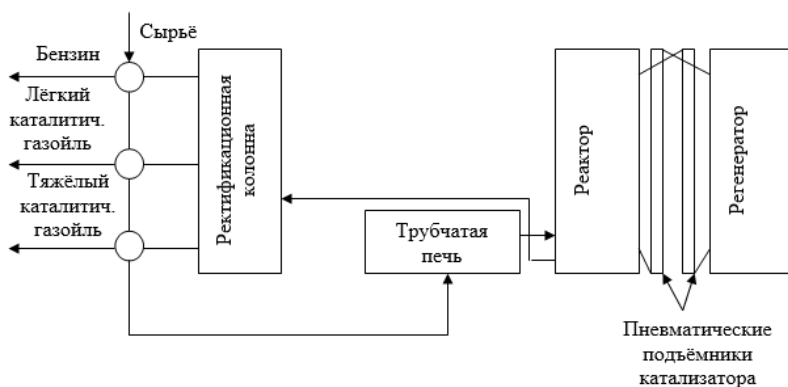


Рис. 13. Схема установки каталитического крекинга с подвижными шариками

В условиях каталитического крекинга большого значения имеют вторичные превращения образующихся углеводородов, например, атомы водорода отщепляются с образованием ароматических углеводородов - **реакция ароматизации**; водород, выделяющийся в процессе ароматизации может вступать в реакцию с углеводородами олефинового ряда с насыщением двойных связей - **реакция гидрогенизации**; углеводороды с прямой цепочкой углеродных атомов могут изменять взаимное расположение атомов внутри молекул без изменения общего числа атомов - **реакция изомеризации**.

Каталитический крекинг осуществляют по различным схемам: с неподвижным слоем катализатора, подвижным сферическим катализатором и с пылевидным или микросферическим катализатором.

**Гидрокрекинг** (*деструктивная гидрогенизация*) – разновидность каталитического крекинга, проводимого в атмосфере водорода при давлении 20...30 МПа и температуре 470...500<sup>0</sup> С. В этом процессе образующиеся непредельные углеводороды гидрируются и превращаются в предельные. Кроме того, имеющиеся в сырье сернистые и кислородные соединения, расщепляясь, реагируют с водородом с образованием сероводорода и воды. Сероводород отмывается слабощелочной водой. В результате можно получать высококачественное топливо из нефтяных остатков, углеводородных смол и др. веществ.

В промышленных условиях используют и некоторые другие термические процессы переработки. Например, при нагревании нефтяных остатков до  $550^{\circ}\text{C}$  при атмосферном давлении происходит образование кокса и образуются жидкие углеводороды, которые можно использовать в качестве топлив. Далее, нагревание нефти до температуры  $670\text{...}800^{\circ}\text{C}$  (**пиролиз**) ведёт к значительному образованию газообразных углеводородов (этилен, пропилен и др.), из которых путём нефтехимического синтеза получают полиэтилен, полипропилен и т.д. В процесс пиролиза получают и жидкие углеводороды в основном ароматические.

Все процессы вторичной переработки нефти вместе с улучшением качества бензиновых фракций дают и увеличение выхода бензина.

Однако высокие требования к качеству бензина заставляют использовать специальные процессы, не дающие выхода бензина из нефти. В таких процессах сырьё бензин и готовая продукция также бензин, но с лучшими эксплуатационными качествами.

К таким процессам относится **риформинг**.

**Термический риформинг** не нашёл широкого применения, т.к. при этом не удаётся резко улучшить эксплуатационные свойства бензина.

Наиболее перспективным является **каталитический риформинг**. Сущность его заключается в ароматизации бензиновых фракций в результате преобразования нафтеновых и парафиновых углеводородов в ароматические. Нафтеновые углеводороды теряют атом водорода и превращаются в ароматические (реакция ароматизации), парафиновые - в результате реакции изомеризации (циклизации) также образуют ароматические углеводороды, отщепляя водород. При этом также тяжелые углеводороды расщепляются на более мелкие, образующиеся непредельные углеводороды гидруются.

Основным катализатором является алюмоплатина – платины  $0,1\text{...}1,0\%$ . Этот катализатор позволяет осуществлять риформирование при температуре  $460\text{...}510^{\circ}\text{C}$  и давлении 4 МПа без регенерации в течение нескольких месяцев. Процесс называется - **платформинг**. Сырьё для платформинга обессеривают, т.к. платиновый катализатор «отравляется» сернистыми соединениями, содержащимися в бензинах прямой перегонки. Обессеривание производят гидроочисткой, используя водород, выделенный при риформировании бензина. Этот процесс выгоден и тем, что обеспечивает водородом процессы гидроочистки топлив и масел.

Сырьё (бензиновая фракция прямой перегонки) нагревается

в теплообменниках и нагревательной печи 1 до 380...420<sup>0</sup> С и поступает в реактор, где под давлением 3,5 МПа и при воздействии алюмокобальтомолибденового катализатора подвергается гидроочистке. Очищенное сырье после освобождения от сероводорода, углеводородных газов и воды нагревается в печи 1 до 500...520<sup>0</sup> С и поступает в реакторы, где под давлением свыше 4,0 МПа происходит его реформирование. Полученный катализат после отделения водосодержащего газа и стабилизации может применяться для получения товарных бензинов. Режимы проведения реформинга, а также состав и свойства катализатора различаются. При проведении процесса в мягких условиях получают бензин с меньшей детонационной стойкостью, чем при жестком режиме платформинга.

В промышленных условиях сырье для изомеризации служат легкие бензиновые фракции прямой перегонки нефти, в составе которых преобладают углеводороды с пятью-шестью атомами углерода в молекуле нормального строения. Изомеризацию проводят в присутствии хлористого алюминия, платины, палладия и т.д. Продукт является высококачественным компонентом товарных бензинов.

В процессе переработки нефти всегда образуются углеводородные газы, которые стараются максимально использовать, например, перерабатывая в жидкие топлива и их компоненты.

Для этого чаще всего применяют процесс алкилирования, который сводится к присоединению олефинового углеводорода к парафиновому или ароматическому с образованием насыщенной молекулы более высокого молекулярного веса. В результате получают широкую бензиновую фракцию – **алкилат** (алкилирование изобутана в основном бутиленами), которая является высококачественным компонентом товарных бензинов. Катализатором является серная кислота и фтористый водород (при алкилировании парафиновых углеводородов).

Кроме алкилирования, при переработке газов используют реакцию полимеризации.

Полимеризацией называют химическую реакцию соединения двух и большего числа одинаковых молекул в одну более крупную. При этом отщепления каких-либо атомов от молекул, вступающих в реакцию, не происходит.

В этих реакциях способны участвовать лишь непредельные углеводороды, поэтому сырье для полимеризации служат газы, богатые олефиновыми углеводородами. Наиболее распространенный катализатор - фосфорная кислота.

На рис. 14 показаны схема получения нефтепродуктов. Все продукты переработки нефти, прежде чем пойти на приготовление товарных топлив и масел, проходят специальную очистку.

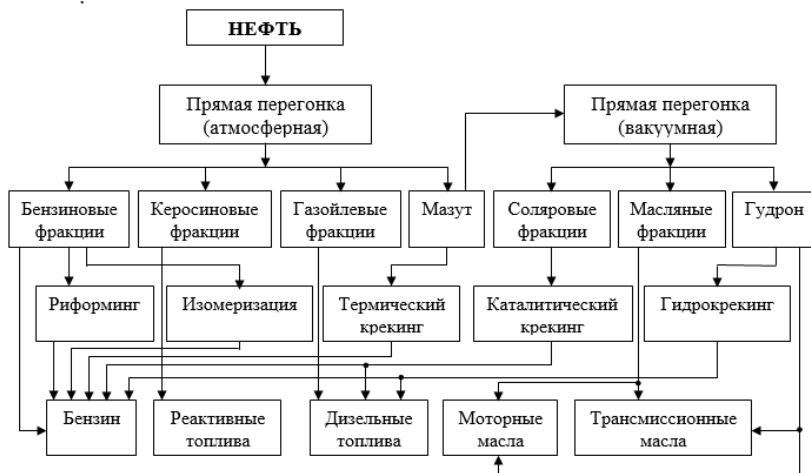


Рис. 14. Схема получения топлив и масел из нефти

### Очистка полуфабрикатов топлив и масел

Для удаления примесей полуфабрикаты топлив и масел подвергают очистке. При этом выбор метода очистки зависит от исходного качества очищаемого продукта и от требований к эксплуатационным свойствам готовых товарных продуктов, которые необходимо получить. Глубина и способ очистки являются важным условием обеспечения высоких эксплуатационных качеств топливо-смазочных материалов.

**Щелочная очистка** (очистка натриевой щелочью). Применяется для удаления из нефтяных дистиллятов (рис. 15) кислородных соединений (нефтяных кислот, фенолов), сернистых соединений (сероводорода, меркаптанов, серы), и для нейтрализации серной кислоты и продуктов её взаимодействия с углеводородами (сульфокислот, эфиров серной кислоты) остающихся в нефтепродукте после его сернокислотной очистки

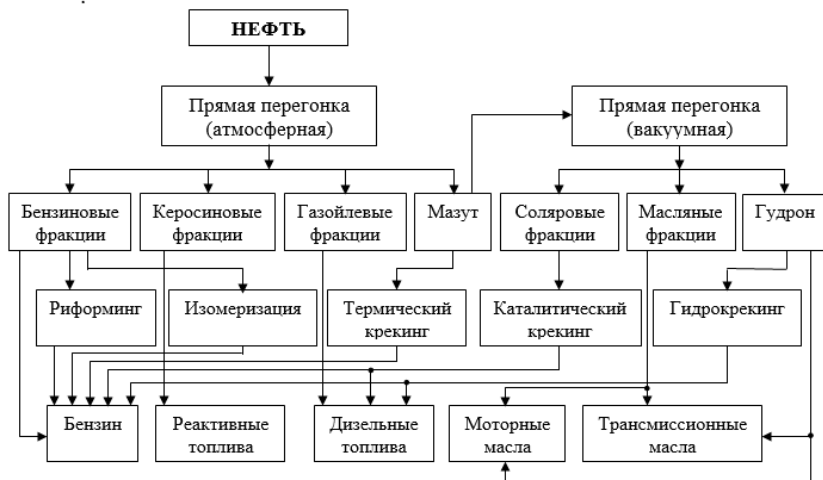


Рис. 15. Химические реакции при щелочной очистке нефтяных дистиллятов

Образующиеся вещества растворяются в воде и удаляются из очищенного продукта вместе с водным раствором щелочи. Кроме того, можно произвести водную промывку продукта. Очистка щелочью используется при производстве бензинов, дизельных топлив и некоторых видов масел.

**Очистка серной кислотой.** Применяется для удаления непредельных углеводородов, асфальто-смолистых веществ, азотистых и сернистых соединений, нафтеновых кислот. Очистке 96...98 % раствором серной кислоты подвергают масла. Топлива не обрабатывают. Различают кислотно-щелочную и кислотно-контактную очистки. При кислотно-щелочной очистке после реакции с кислотой полуфабрикат нейтрализуют натриевой щелочью с промывкой водой и просушиванием паром. Осадок в виде смолистой массы (кислого гудрона) удаляется. Кислотно-контактная очистка заключается в последовательной обработке полуфабриката серной кислотой и отбеливающей землей.

Для повышения эффективности применяют обработку нефтепродукта в пропановом растворе. Пропан уменьшает вязкость нефтепродуктов и растворимость в них смолисто-асфальтовых веществ, что увеличивает эффективность очистки. После обработки кислотой улучшаются вязкостно-температурные свойства, уменьшается коксуемость нефтепродуктов.

**Селективная очистка** (очистка при помощи растворите-

лей) основана на различной растворяющей способности некоторых веществ в отношении углеводов различного строения и неуглеводородных примесей. Применяется для очистки масел. Удаляются асфальто-смолистые соединения, полициклические углеводороды, часть сернистых соединений, непредельные углеводороды и т.д.

Эффективность такой очистки зависит от качества растворителя. Растворитель должен как можно полнее растворять в себе нежелательные компоненты и как можно меньше затрагивать полезные углеводороды.

После селективной очистки (фенолом, фурфуролом, крезолом и др.) получают **рафинат** (очищенное масло) и **экстракт** (растворитель с извлеченными из масла веществами). После удаления растворителя экстракт идет в качестве добавки в трансмиссионные масла, а рафинат - на приготовление масел.

При селективной очистке улучшаются вязкостно-температурные свойства, уменьшается плотность и коксуемость, понижается склонность к образованию отложений в двигателе.

**Депарафинизация.** Применяется для удаления углеводов с высокими температурами застывания, в основном парафинового ряда, так как последние при охлаждении переходят в кристаллическое состояние. Депарафинизации подвергают дизельные топлива и масла.

Один из главных методов депарафинизации это вымораживание, заключающийся в охлаждении полуфабриката до температуры застывания, после чего кристаллы отделяются на фильтрах. Недостатком этого метода является замораживание нефтепродукта до температуры значительно ниже температуры застывания, что связано с технологическими трудностями.

Этого недостатка лишен способ депарафинизации с растворителем, в качестве которого используют жидкий пропан. Полуфабрикат смешивают с растворителем, постепенно охлаждают примерно до 30<sup>0</sup> С и затем твёрдые углеводороды отфильтровывают от раствора, а растворитель отгоняют от нефтепродукта.

Распространен метод депарафинизации карбамидом без применения холода. Карбамид способен создавать комплексные соединения с углеводородами парафинового ряда. После чего эти комплексы отделяют от остальных углеводов, разлагают и карбамид регенерируют.

**Гидроочистка.** Применяется для удаления сернистых, азотистых и кислородных соединений путём восстановления этих соединений водородом при повышенных температурах и давлении в

присутствии катализатора в газообразные продукты - сероводород, аммиак – и воду, которые легко удаляются.

Гидроочистке подвергают дизельные топлива и моторные масла перед платформингом для обессеривания.

**Адсорбционная очистка** (*контактная очистка, очистка отбеливающими землями*). Некоторые высокопористые вещества (*адсорбенты*) способны удерживать на поверхности нежелательные примеси, содержащиеся в нефтепродуктах. Эта очистка распространена при производстве масел и дизельных топлив. При этом удаляют смолы, нафтеновые кислоты, кислородосодержащие соединения, сульфокислоты, остатки минеральной кислоты и селективного растворителя. В качестве адсорбентов используют природные глины, силикагель, синтетические алюмокислоты, активированную окись алюминия.

Эту очистку применяют в качестве заключительной.

Все перечисленные выше способы очистки применяют для улучшения качества нефтепродуктов, их эксплуатационных свойств. В зависимости от требования к качеству нефтепродукт подвергают очистке одним способом, или двумя, или многими, применяя их в той или иной последовательности. Однако даже самые совершенные способы очистки не гарантируют получения высококачественных топлив и масел.

Наиболее эффективным способом улучшения эксплуатационных свойств является добавление к нефтепродуктам присадок. Эффективность присадок всегда выше при добавлении в очищенные нефтепродукты.

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*; под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

Эксплуатационные материалы

5. *Гуреев А.А. и др. Химмотология: учебник для ВУЗов / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 367 с.*

6. *Гуреев А.А. и др. Автомобильные эксплуатационные материалы / А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.*

7. *Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / Н.Б. Кириченко. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.*



## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОПЛИВАХ

Тепловые двигатели предназначены для преобразования тепловой энергии, образуемой при сгорании топлива, в механическую. Эти двигатели подразделяют на двигатели внешнего сгорания (паровые, Стирлинга и др.) и двигатели внутреннего сгорания.

Наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания. Среди этих двигателей наибольшее распространение получили поршневые двигатели, но в последние 40...50 лет развиваются и другие группы двигателей внутреннего сгорания: реактивные, газовые турбины.

В начале лекции я использовал термин «**топливо**». Однако бензин, дизельное топливо, газ следует называть «**горючим**», т.е. **компонентом** топлива, окисляющимся в процессе горения. Другим **компонентом** является «**окислитель**», в данном случае кислород, служащий для окисления горючего. Но исторически сложилось так, что термин «**топливо**» используется вместо термина «**горючее**».

### Классификация топлив

Топлива для тепловых двигателей должны отвечать следующим основным требованиям:

- 1) полностью испаряться и сгорать с максимальным выделением тепла и минимальным образованием токсичных и коррозионных активных продуктов;
- 2) не вызывать затруднений при транспортировании, хранении и подаче по системам питания в любых климатических условиях;
- 3) быть недорогими и нетоксичными.

Топлива для ДВС разделяют по типу двигателя, для использования в котором они предназначены, – на бензины и дизельное топливо; по агрегатному состоянию – на жидкие и газообразные; по химическому составу – на углеводородные и неуглеводородные; по виду исходного сырья – на нефтяные и синтетические.

Более подробная классификация жидких топлив разделяет последние на пять групп:

**Первая группа** включает топлива для поршневых двигателей с принудительным воспламенением, т.е. карбюраторные двигатели и бензиновые двигатели с впрыском. Для этих двигателей необходимы легкоиспаряющиеся низкокипящие фракции углеводородов, с температурой выкипания в пределах от 40 до 200<sup>0</sup>

С. Это автомобильные и авиационные бензины.

**Вторая группа.** К ней относят топлива для поршневых двигателей с воспламенением от сжатия. Впрыск и распыливание в этих двигателях происходят в сильно нагретом воздухе  $\approx 700^{\circ}\text{C}$ . При таких температурах успевают испариться и образовать горючую смесь надлежащего состава более тяжелые фракции углеводородов с температурой выкипания в пределах  $180\text{...}360^{\circ}\text{C}$  и больше (для тихоходных двигателей).

**Третью группу** составляют топлива для реактивных двигателей. К ним предъявляют особенно высокие требования, обусловленные необходимостью обеспечения надёжности летательных аппаратов. К этой группе относятся керосиновые фракции углеводородов с пределами выкипания  $140\text{...}280^{\circ}\text{C}$ . При этом для сверхзвуковых самолётов можно использовать и более тяжёлые фракции, выкипающие до  $315^{\circ}\text{C}$ .

**Четвёртая группа** включает топливо для газовых турбин (силовые установки кораблей, ж/д локомотивов и т.д., привод крупных насосных установок). Такими топливами являются тяжёлые дистиллятные фракции прямой перегонки нефти и вторичных процессов.

**Пятая группа** – это топливо для топочных устройств паросиловых установок транспортного и стационарного типа. Это тяжёлые остатки нефти после различных процессов переработки, а иногда тяжёлые нефти с малым содержанием лёгких фракций, которые экономически невыгодно перерабатывать.

Классификация нефтяных топлив для тепловых двигателей свидетельствует о том, что в качестве жидких топлив применяют практически все фракции нефти. Однако эффективность использования топлива наиболее высока в ДВС. Именно поэтому количество топлив для ДВС, получаемое из нефти, характеризует глубину переработки нефти. В настоящее время этот показатель во всех промышленно развитых странах составляет около 70 % и принимаются меры для его увеличения.

### Альтернативные топлива

**Уголь.** В качестве источника получения такого топлива в первую очередь рассматривают уголь, запасы которого в мире превосходят запасы нефти и газа. При переработке угля можно получить жидкие продукты, содержащие углеводороды и неуглеводородные примеси. Наиболее прогрессивны методы термической обработки угля в атмосфере водорода в присутствии катализаторов. Из образующейся смеси широкого фракционного состава

могут быть получены бензин и дизельное топливо.

Переработка угля путём газификации водяным паром даёт синтез-газ, из которого каталитической переработкой также получают жидкие топлива.

**Газообразные топлива.** Для котельных установок, электростанций, промышленных печей и других топочных устройств применяют газообразные углеводороды. В то же время всё большее распространение получает использование газообразных углеводородов в качестве топлив для ДВС и в прежде всего для двигателей с принудительным зажиганием.

**Природные газы** из газовых месторождений почти целиком состоят из метана (от 82 до 98 %) с небольшой примесью этана (до 6 %), пропана (до 1,5 %) и бутана (до 1 %).

В попутных газах нефтяных месторождений так же основным компонентом является метан, но содержание его колеблется в более широких пределах (от 40 до 85 %), чем в природных газах.

Состав **заводских газов** наиболее разнообразен. В них содержатся как парафиновые, так и олефиновые углеводороды (с одной двойной связью). Количество тех или иных углеводородов и их строение всецело зависят от технологии получения горючего газа на заводе.

Состав газов, получаемых на нефтеперерабатывающих заводах, зависит от типа установки, с которой он отбирается. Газы установок каталитических процессов содержат обычно намного меньше олефиновых углеводородов, чем газы термических процессов. Особенно много олефиновых углеводородов содержится в газах пиролиза и коксования. Однако такие газы чаще используются не как топливо, а как сырьё для синтеза пластических масс и других веществ.

В качестве топлива для газобаллонных автомобилей, помимо указанных выше, можно использовать коксовый и городской газы, получаемые при коксовании углей, канализационные газы, являющиеся продуктом переработки сточных вод городских канализационных систем и т.д.

Во всех горючих газах, используемых в качестве топлив для газобаллонных автомобилей, кроме углеводородов, содержатся другие составляющие: водород, окись углерода, двуокись углерода, азот, кислород, водяные пары, сероводород и т.д. Неуглеводородные составляющие горючих газов (водород и окись углерода) имеют невысокую теплоту сгорания, поэтому их присутствие снижает калорийность топлива. Такие компоненты как, как дву-

окись углерода и азот, не участвуют в сгорании и тем самым также снижают calorийность горючих газов. В необходимых случаях горючие газы специально очищают от неуглеводородных составляющих.

Таким образом, эффективность и особенности применения горючих газов обуславливаются составом и свойствами их углеводородной части. В зависимости от физических свойств углеводородной части все газообразные топлива условно делят на две группы - сжатые и сжиженные газы.

Сжиженные газообразные топлива содержат в основном пропан **C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>** и бутан **C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>**. Каждый из этих углеводородов в отдельности или в смеси хранят при обычных температурах в жидком виде в баллонах при давлении 1,6 МПа. Критическая температура для пропана + 97<sup>0</sup> С, для бутана + 125<sup>0</sup> С.

Основной газообразный углеводород, используемый в сжатом виде, - метан. При температуре выше -82<sup>0</sup> С (критическая температура) его нельзя превратить в жидкость при сжатии до любых высоких давлений. Его хранят в баллонах при давлении до 20 МПа. При охлаждении до -161<sup>0</sup> С метан сжижается при атмосферном давлении.

Сжиженные газы в качестве автомобильных топлив имеют ряд преимуществ перед сжатыми газами. Одним из главных преимуществ является более простая и безопасная топливная аппаратура из-за:

- низкого давления;
- отсутствия необходимости в создании специального топливного бака в виде морозильной камеры и т.д.

Основные физические параметры нефтяных газов даны в табл. 1.

## Сжиженные нефтяные газы

**Состав, свойства, марки.** Наиболее широкое применение в качестве топлива для газобаллонных автомобилей получили сжиженные нефтяные газы (СНГ). К ним относят горючие газы, основными углеводородами, в которых являются пропан или бутаны. В таких газах возможно присутствие и олефиновых углеводородов (пропилен и бутилены), однако количество их обычно невелико, так как олефиновые углеводороды предварительно выделяют из горючих газов и используют в качестве сырья для нефтехимии. Таким образом, свойства сжиженных газов определяются количеством и свойствами пропана и бутана. Эти газы в отличие от метана тяжелее воздуха и поэтому при утечках скап-

ливаются на полу, в смотровых канавах. Эти газы называют нефтяными попутными газами, потому что их получают в основном при добыче и переработке нефти.

Пропан и бутан имеют высокие октановые числа (см. табл. 1) очень маленькое цетановое число 4...5 пунктов. В жидкое состояние они переходят при обычной температуре под действием небольшого давления. Так при  $+20^{\circ}\text{C}$  для перевода пропана из газообразного состояния в жидкое необходимо давление 0,85 МПа, для н-бутана – 0,21 МПа, для изобутана – 0,32 МПа. В связи с этим для хранения и транспортировки сжиженных газов используют баллоны с рабочим давлением 1,6 МПа. Такое давление обеспечивает содержание в жидком состоянии даже чистого пропана до температуры около  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Для двигателей грузовых и легковых автомобилей, использующих в качестве моторного топлива сжиженный нефтяной газ, состав его регламентирован ГОСТ 27578-87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия». Этот стандарт предусматривает две марки сжиженного нефтяного газа: зимний **ПА** (пропан автомобильный) и летний **ПБА** (пропан-бутан автомобильный).

Пропан автомобильный содержит 80...90 % пропана, остальное бутан, этан, метан и непредельные углеводороды. ПА применяется в диапазоне температур окружающей среды от  $-20$  до  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Пропан-бутан автомобильный содержит 40...60 % пропана, остальное бутан, этан, метан и непредельные углеводороды. ПБА применяется в диапазоне температур окружающей среды от  $+45$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

При температурах окружающей среды ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ , в соответствии с ТУ 33.1011184–89, применяют для автомобильного транспорта марку сжиженного нефтяного газа **ЭПА** (этан-пропан автомобильный). Наиболее жёсткие требования предъявляются к стабильности состава сжиженного нефтяного газа, так как основные физико-химические свойства их составляющих существенно различаются. Наряду с указанными компонентами в состав сжиженного нефтяного газа входят другие предельные и непредельные углеводороды. Суммарное их количество в применяемых СНГ не превышает 5...6 %. По своим физико-химическим и эксплуатационным показателям сжиженные нефтяные газы должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.

*Различные углеводороды, входящие в состав СНГ, имеют разные значения давления насыщенных паров. Основными ком-*

## Эксплуатационные материалы

понентами являются углеводороды с числом углеродных атомов в молекуле от 1 до 4. Этот параметр СНГ имеет важнейшее практическое значение.

**Условия эксплуатации.** Автомобильная газобаллонная установка рассчитана на подачу топлива к двигателю под давлением паров газа в баллоне. В связи с этим величина давления насыщенных паров сжиженных нефтяных газов имеет важное эксплуатационное значение. При любой температуре окружающего воздуха в баллоне со сжиженным нефтяным газом должно быть избыточное давление не менее 0,35...0,5 кг/см<sup>2</sup>, достаточное для надёжной подачи топлива к двигателю, а также для обеспечения пуска и прогрева холодного двигателя на газе из парового пространства баллона. Опыт эксплуатации показывает, что давление насыщенных паров сжиженных нефтяных газов для газобаллонных автомобилей должно быть не менее 2,7 кг/см<sup>2</sup> при температуре -20° С. Так, углеводороды, входящие в сжиженные нефтяные газы различаются по давлению насыщенных паров, что позволяет производить газы, соответствующие времени года и климатическим условиям применения. Так сжиженный газ из пропана, хорошо отвечает требованиям зимней эксплуатации.

**Физические свойства нефтяных газов**

Показатели	Метан СН <sub>4</sub>	Этан С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	Этилен С <sub>2</sub> Н <sub>4</sub>	Пропан С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	Пропилен С <sub>3</sub> Н <sub>6</sub>	Н-бутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Изобутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Изобутилен С <sub>4</sub> Н <sub>8</sub>	Н-пентан С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>
Молярная масса	16,04	30,07	28,05	44,09	42,08	58,12	58,12	56,10	72,12
Температура, °С:									
критическая	-82	+3	+1	+9	+9	+1	+1	+1	+1
кипения	-162	2	0	6	2	52	24	43	97
при 0,1 МПа	162	-89	-	-42	-47	-1	-10	-6	-36

## Эксплуатационные материалы

Плотность жидкой фазы при 15 <sup>0</sup> С и 0,1 МПа, кг/м <sup>3</sup>	-	460	458	582	514	579	557	-	610
Плотность газовой фазы при 0 <sup>0</sup> С и 0,1 МПа, кг/м <sup>3</sup>	0,6 7	1,3 56	1,2 61	2,0 19	1,9 15	2,7 03	-	1,9 37	3,2 20
Теплота парообразования при температуре кипения, кДж/кг	450	436	440	427	440	386	368	-	357
Количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания 1 кг топлива, кг/кг	14, 2	14, 6	14, 4	15, 7	14, 8	15, 6	15, 6	-	14, 9
Теплота сгорания, МДж/кг	50, 0	48, 0	47, 0	46, 0	46, 0	45, 5	45, 6	-	43, 5
Октановое число: по моторному по исследовател.	104, 0 -	99, 5 116, 3	91, 0 -	96, 3 111, 9	84, 9 102, 6	90, 1 95, 8	98, 0 102, 1	88, 0 101, 0	105, 0 -

## Эксплуатационные материалы

Коэффициент объёмного расширения при температуре, °С: -20 0 +20 +40				1,0 43	1,0 44	1,0 33	1,0 36		
	-	-	-	1,0 94	1,0 98	1,0 67	1,0 75	-	-
				1,1 56	1,1 64	1,1 08	1,1 21		
				1,2 36	-	1,1 55	1,1 75		

Таблица 2

**Показатели качества сжиженных газов**

Показатели	Марка сжиженного нефтяного газа		
	ПБА	ПА	ЭПА
<i>Массовые доли компонентов:</i> Метан Пропан	<b>Не нормируется</b> 50 ±10 85 ±10 90 ±10		
<i>Сумма предельных углеводородов, % не более</i>	Отсутствует	6	6
Объёмная доля жидкостного остатка при +40° С	Отсутствует	то же	Следы
Базовая температура (°С) регламентации избыточного максимального давления насыщенных паров 1,6 МПа То же для минимального давления 0,07 МПа	+45	+30	+5
	-20	-35	-40



Массовая доля серы и её соединений, %, не более В том числе сероводорода, % не более	0,01	0,01	0,01
	0,003	0,003	0,003
Содержание воды и щелочей	<b>Отсутствуют</b>		

Существенной особенностью сжиженных нефтяных газов является большой коэффициент объёмного расширения жидкой фазы (см. табл. 1). Плотность жидкого пропана при  $0^{\circ}\text{C}$  равна  $0,53\text{ кг/л.}$ , а при  $+50^{\circ}\text{C}$  она снижается до  $0,46\text{ кг/л.}$ , при этом удельный объём возрастает на  $15,4\%$  (объём  $1\text{ кг}$  жидкого пропана увеличивается с  $1,88$  до  $2,17$  литров). Эта особенность сжиженных нефтяных газов учитывается при заполнении баллонов, а именно, необходимо наличие большого (до  $10\%$ ) свободного, не заполненного топливом объёма в топливных баллонах.

В системах смесеобразования в двигатель газ подаётся в паровой фазе. Испарение топлива и подогрев паров, необходимый для компенсации охлаждения при расширении в редукторе, осуществляются в теплообменнике топливной системы. Теплота подводится от системы охлаждения или выпуска отработавших газов.

Для запуска холодного двигателя, когда теплоподвод к газу отсутствует, производят отбор газовой фракции из свободного объёма баллона. Длительная работа двигателя с отбором топлива из свободного объёма недопустима, так как приводит к переохлаждению топлива из-за затрат теплоты на испарение и неравномерному израсходованию компонентов, входящих в топливо. В первую очередь расходуется компоненты, обладающие наибольшим давлением насыщенных паров: пропан и пропилен. Это может привести к перебоям в подаче топлива.

**Особенности применения газообразных топлив.** Газообразные топлива имеют ряд существенных преимуществ перед жидкими топливами.

а) газообразные топлива являются наиболее дешёвыми видами топлива, так как могут использоваться непосредственно после получения с газовых, нефтяных месторождений без дополнительной переработки, иногда лишь после неглубокой очистки.

Огромные ресурсы газообразных топлив, строительство мощных газопроводов, открытие новых газоносных площадей — всё это свидетельствует о несомненной перспективности газооб-

разных топлив;

б) сжиженные нефтяные газы имеют высокую детонационную стойкость, что позволяет использовать их в двигателях с большой степенью сжатия, и соответственно высокими технико-экономическими показателями;

в) при использовании газообразных топлив в результате лучшего смесеобразования и более совершенного протекания процесса сгорания образуется меньшее количество отложений в двигателе, а в отработавших газах уменьшается содержание токсичных компонентов: в 1,7...2,3 раза по окиси углерода и в 5...7 раз по соединениям серы;

г) применение газообразных топлив повышает долговечность двигателя в 1,25...2,0 раза. Отсутствие жидкой фазы топлива предотвращает смывание масляной плёнки со стенок цилиндра и колец и тем самым значительно снижает износ цилиндропоршневой группы;

д) срок смены масла увеличивается в 2...2,5 раза, угар масла уменьшается на 30...40 %. Межремонтный пробег автомобилей на сжиженном нефтяном газе возрастает в 1,4...2 раза. Улучшаются условия работы свечей зажигания и срок их службы увеличивается в 2...3 раза.

К недостаткам автомобилей, работающих на жидком топливе относят:

а) снижение пробега без дозаправки в 1,5...3,0 раза;

б) уменьшение полезной нагрузки на 5...20 %;

в) уменьшение мощности двигателя на 20 % и в связи с этим ухудшение тягово-динамических свойств автомобиля;

г) ухудшение запуска при низких температурах;

д) повышение пожаро- и взрывоопасности.

**Спирты.** Альтернативными топливами являются спирты и эфиры (кислородосодержащие вещества). Метил-трет-бутиловый эфир является эффективным компонентом автомобильных бензинов, улучшая их важнейшее эксплуатационное свойство - детонационную стойкость.

Из спиртов наиболее интересен метанол и как самостоятельное топливо, и как компонент нефтяных топлив, в том числе и дизельных. Его можно производить из газа, древесины, биомассы, различного рода отходов. Однако метанол имеет ряд недостатков, над преодолением которых ведутся работы:

- высокая токсичность;
- меньшая теплота сгорания;
- высокая теплота испарения;

## Эксплуатационные материалы

- коррозионная активность;
- гигроскопичность.

Спирты обладают высоким октановым числом и низким цетановым числом, благодаря чему их целесообразно использовать в двигателях с принудительным воспламенением. Октановое число по моторному методу у метанола равняется 90, у этанола – 88; по исследовательскому методу у метанола – 110, у этанола – 106. Стехиометрическое количество воздуха (кг воздуха/кг топлива) у метанола – 6,5; у этанола – 9,0.

Высокая гигроскопичность спиртов (они неограниченно смешиваются с водой) оказывает отрицательное влияние на их эксплуатационные свойства. Увеличение концентрации воды повышает плотность, температуру кипения и кристаллизации, теплоёмкость и теплопроводность при одновременном ухудшении его энергетических показателей и значительном увеличении коррозионной агрессивности. Метанол вступает в химическую реакцию с водой с выделением водорода.

Теплота сгорания спиртов приблизительно в 2 раза меньше, чем у нефтяных топлив (у метанола – 22000 кДж/кг, у этанола – 26000 кДж/кг), поэтому при практически равных энергетических затратах двигателя, работающие на спирте, имеют по сравнению с бензином большие массовые расходы топлива. Спирты по сравнению с нефтяным топливом характеризуются более устойчивым сгоранием. Благодаря этому расширяется диапазон устойчивого горения на бедных смесях до  $\alpha = 1,5...1,6$ .

Сгорание спиртов по сравнению с бензинами характеризуется меньшими задержками воспламенения и большими скоростями горения, более низкими температурами и большей полнотой сгорания. Всё это обеспечивает меньший теплоотвод из зоны реакции, пониженную теплонапряжённость деталей цилиндропоршневой группы, уменьшение нагарообразования, повышенный индикаторный КПД, меньшую токсичность отработавших газов по СО и  $C_nH_m$  и оксидам азота.

Высокие значения теплоты испарения спиртов обуславливают снижение температуры заряда, а, следовательно, повышение коэффициента наполнения. Сочетание перечисленных факторов позволяет увеличить мощность двигателя при переходе на спирт на 10...15 % по сравнению с бензином. Использование высоких антидетонационных качеств спиртов позволяет дополнительно увеличить мощность двигателя путём увеличения степени сжатия.

Большая теплота испарения спирта затрудняет пуск двига-

теля и ухудшает условия внешнего смесеобразования. Для устранения этого недостатка применяют добавку растворимых в спиртах легкокипящих углеводородов – до 20 % бутана, изопентана, диметилового эфира, интенсивный подогрев впускного тракта и карбюратора, частичную рециркуляцию отработавших газов и ввод специальных пусковых систем. Особенностью спирта является малое сажеобразование, а метанол практически не даёт сажи.

Спирты коррозионно активны по отношению к стали, алюминию, магнию, цинку и сплавам на их основе. Они реагируют со свинцом, образуя аморфные соединения, забивающие топливные фильтры и жиклёры. Большинство уплотнительных материалов набухают при контакте со спиртами.

При работе на спиртах возможен повышенный износ двигателя, так как спирты разрушают масляную плёнку на стенках цилиндров. В присутствии воды это действие усиливается. Кроме того, при неполном сгорании этанола образуются органические кислоты, увеличивающие коррозионный износ пар трения. При работе непрогретого двигателя износ увеличивается.

При работе на спиртах токсичность отработавших газов при  $\alpha = 0,98...1,0$  по концентрации CO соответствует бензиновым двигателям; с увеличением коэффициента избытка воздуха свыше 1,0 концентрация CO резко снижается; по мере дальнейшего обеднения смеси оксид углерода в отработавших газах практически отсутствует. Концентрация углеводородов в 10...20 раз меньше, чем в бензиновых двигателях, а оксида азота в 1,5...2,0 раза.

Для работы на спиртах и спиртобензиновых смесях необходимо увеличить объём топливных баков; ввести системы пуска двигателя; изменить тарировку топливodoзирующих устройств (жиклёров); заменить уплотнительные материалы; установить свечи с большим калильным числом.

Препятствием для использования метанола является его высокая токсичность, так как он яд, действующий на нервную систему. Отравление возможно при попадании его в пищеварительный тракт, при вдыхании или попадании жидкости на кожу. Предельно допустимая концентрация паров метанола в воздухе  $5 \text{ мг/м}^3$  (для сравнения у бензина  $100 \text{ мг/м}^3$ ). Попадание в организм свыше 10 мл метанола может окончиться тяжёлым отравлением. Смертельная доза 30 мл. При длительном контакте с метанолом возможно хроническое отравление, сопровождающееся нервным расстройством. Поэтому необходима надёжная герметизация топливных баков и топливоподающей системы.

Этанол менее токсичен, его предельно допустимая концен-

трация в воздухе  $1 \text{ г/м}^3$ . Препятствием для его массового использования является наркотическое воздействие на организм.

**Водород  $\text{H}_2$ .** Ведутся исследовательские работы по использованию водорода в качестве альтернативного топлива, так как газообразный водород имеет высокую теплоту сгорания и «чистые» продукты сгорания. Но препятствуют этому высокая стоимость водорода и трудности, связанные с заправкой и хранением.

Жидкий водород представляет собой бесцветную жидкость без запаха. Газообразный водород – бесцветный газ без запаха. Твёрдый водород обладает кристаллической структурой. При охлаждении жидкого водорода ниже температуры кипения в нём появляются конгломераты кристаллов твёрдого водорода, количество которых увеличивается до полного исчезновения жидкого. Смесь жидкого и твёрдого водорода называется шугообразным водородом.

Массовая теплота сгорания водорода превышает массовую теплоту всех топлив для двигателей. Однако вследствие малой плотности водорода его объёмные энергетические характеристики хуже, чем у нефтяных топлив. Объёмная теплопроизводительность водородно-воздушной смеси меньше теплопроизводительности на основе бензина (на 15 %) и спирта (на 10 %). Температура самовоспламеняемости водородно-воздушной смеси выше, чем на базе углеводородных топлив, однако для её воспламенения требуется меньше количества энергии. Устойчивое воспламенение водорода можно обеспечить с помощью принудительного зажигания от электрической искры или дозы запального топлива. Возможно также с помощью катализатора. Водород может подаваться в цилиндр как вместе с воздухом, так и путём непосредственного впрыска.

Водородно-воздушные смеси сгорают со скоростями, превышающими скорости сгорания смесей на основе углеводородных топлив. Эти скорости значительно зависят от температуры. В условиях камеры сгорания скорость распространения пламени возрастает вследствие влияния турбулизации и повышенных давлений. Большие скорости сгорания обуславливают высокую жёсткость процесса сгорания. Например, при  $\alpha = 1$  скорость нарастания давления в цилиндре при прочих равных условиях примерно в 3 раза больше, чем при работе на бензиновоздушной смеси. При увеличении  $\alpha$  скорость нарастания давления уменьшается.

Вследствие высоких скоростей и температур сгорания водородно-воздушной смеси в отработавших газах может содержаться значительное количество оксидов азота  $\text{NO}_x$ . С обеднение смеси

концентрация  $\text{NO}_x$  уменьшается. Для снижения количества  $\text{NO}_x$  можно применять рециркуляцию отработавших газов или добавку воды к водородному топливу. Очевидно, что при работе на водороде в отработавших газах не должно содержаться  $\text{CO}$  и  $\text{C}_n\text{H}_m$ , однако эксперименты обнаруживают их незначительное количество. Это объясняется выгоранием углеводородных смазочных материалов, попадающих в камеру сгорания.

Предел обеднения водородно-воздушной смеси определяется ухудшением динамики тепловыделения и, как следствие этого, неустойчивой работой двигателя.

Высокая диффузионная способность газообразного водорода обеспечивает хорошие условия смесеобразования, большие скорости сгорания водородно-воздушных смесей – благоприятную динамику тепловыделения.

Следует учитывать специфические свойства водорода. При нормальной и низкой температурах водород химически мало активен. Его реакционная способность возрастает под действием локальных источников теплоты, например, электрической искры, или в присутствии некоторых материалов, оказывающих каталитическое действие. Повышение активности водорода вызывается образованием радикалов водорода, обладающих высокой реакционной способностью. Высокая диффузионная способность водорода является причиной его проникновения через неплотности, микротрещины и т.п. в замкнутые объёмы конструкции двигателя или системы топливоподдачи, что в сочетании с широким концентрационным пределом воспламеняемости и низким значением энергии воспламенения может явиться причиной взрыва.

При работе на водороде наблюдается повышенный износ поверхностей, контактирующих с водородом при высокой температуре. Это происходит из-за того, что при высокой температуре радикалы водорода, обладая высокой растворимостью и большой скоростью диффузии в стали, частично поглощаются поверхностными слоями металла и вступают в химические соединения с её составляющими. При этом образуется метан и малоуглеродистая сталь. Оставшиеся радикалы водорода восстанавливаются до молекул в поверхностных слоях металла с увеличением объёма. Образовавшиеся газы – метан и водород – создают внутрислойное давление, вызывающее образование сливающихся друг с другом микротрещин по границам зёрен металла. Обезуглерожённая сталь теряет механические свойства.

Самой сложной задачей при использовании водорода является хранение его запаса на борту автомобиля. Возможны три

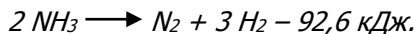
способа его хранения:

- ◆ в сжатом виде в баллонах высокого давления;
- ◆ в сжиженном виде;
- ◆ в механически связанном виде в составе соединений, разрушающихся при выделении водорода.

Из-за низкой плотности газообразного водорода первый способ не имеет промышленного значения.

Главной задачей при получении, транспортировке и хранении жидкого водорода является обеспечение минимальных потерь в топливных баках. Баки снабжают системой сброса давления испарившегося водорода с дальнейшим дожиганием или адсорбцией его паров. Для снижения испаряемости и повышения плотности водорода при хранении возможно применение шугообразного водорода, содержащего 30...50 % твёрдого водорода.

**Аммиак**  $NH_3$ . Его можно рассматривать как энергоноситель, обеспечивающий при его термическом разложении в камере сгорания получение водорода по реакции



Неограниченные сырьевые ресурсы (аммиак производится из водорода и азота воздуха) и хорошо развитая промышленная база позволяют рассматривать аммиак как одно из перспективных топлив.

Благодаря высокой температуре самовоспламенения пожарная опасность аммиака относительно невелика. По содержанию энергии в единице массы аммиак уступает водороду в 7 раз и бензину в 2,5 раза. Однако по объёмной энергоёмкости аммиак превосходит водород.

Аммиак обладает высокой детонационной стойкостью: октановое число по моторному методу равняется 111, по исследовательскому методу – 132.

К недостаткам аммиака можно отнести высокую температуру самовоспламенения по сравнению с нефтяными топливами. Вследствие чего малая скорость горения и практически невозможность применения в современных двигателях внутреннего сгорания без проведения специальных мероприятий по интенсификации его воспламенения и сгорания путём увеличения теплопровода в реакционную зону камеры сгорания. К таким мероприятиям можно отнести повышение степени сжатия при сокращении поверхности камеры сгорания, увеличение температуры в пристеночных зонах камеры сгорания, увеличение мощности разряда в

свечах зажигания.

Использование аммиака снижает мощность и экономичность двигателя. Аммиак вызывает интенсивную коррозию большинства конструктивных материалов, используемых в двигателе строения.

Товарные моторные и большинство синтетических масел практически не меняют свойства при контакте с аммиаком.

## Нефтяные топлива

### Состав нефтяных топлив

Свойства топлив в определяющей степени зависят от фракционного и группового состава входящих в них углеводородов и от наличия примесей.

**Фракционный состав топлива** (ФС) характеризуется количеством содержащихся в нём отдельных фракций в процентах по объёму. ФС определяют путём перегонки топлива. При перегонке бензина фиксируют температуры: начала и конца кипения, выкипания 10, 50 и 90 процентных фракций, при перегонке дизельного топлива - 50 и 96 процентных фракций. За температуру конца кипения бензина принимают ту максимальную температуру, на которой столбик термометра останавливается, а затем начинает опускаться. За температуру конца кипения дизельного топлива принимают температуру выкипания 96 процентной фракции. По температурам перегонки косвенно судят о эксплуатационных свойствах топлива.

**Групповой состав топлива** определяется группами входящих в него углеводородов.

В общем случае в состав топлива входят все углеводороды, присутствующие в нефти (алканы, циклоалканы, ароматические углеводороды), а так же непредельные углеводороды, которые отсутствуют в природной нефти и образуются в процессе переработки нефти.

**Примеси.** В топливах наиболее распространены углеводородные примеси, вода и механические примеси.

Углеводородные примеси - это в основном гетероорганические соединения, входящие в состав исходного сырья. Это более всего характерно для дизельного топлива, вследствие их высокой малярной массы и высоких температур кипения. Прежде всего это сернистые соединения, углеводородные кислоты и смолисто-асфальтовые вещества.

Вода попадает в топливо при перевозке, хранении, заправке и эксплуатации автомобиля. Кристаллы льда забивают тру-



бопроводы, фильтры, нарушают работу жиклёров. Вода ускоряет коррозию металлических деталей двигателя.

Механические примеси ухудшают прокачиваемость топлива по системе топливоподдачи, служат основой для образования смолистых отложений, увеличивают механический износ и коррозию металла. Особенно большой вред механические примеси приносят системам топливоподдачи дизелей, вызывая повышенный износ прецизионных деталей. Основным источником механических примесей является атмосферная пыль.

### **Эксплуатационные свойства нефтяных топлив**

Под эксплуатационными свойствами понимают объективные особенности топлива, которые проявляются в процессе его применения. В понятие «применение» включены все процессы, происходящие в топливе с момента его производства до сгорания.

Процессу сгорания топлива предшествуют процессы его испарения, воспламенения и другие. Характер поведения топлива в каждом процессе и составляет суть его эксплуатационных свойств.

По рекомендации стандарта рассматривают и оценивают следующие эксплуатационные свойства топлив:

1. **Испаряемость** характеризует способность топлива переходить из жидкого состояния в парообразное. Это свойство формируется из таких показателей качества, как фракционный состав, давление насыщенных, поверхностное натяжение и т.д. Испаряемость определяет технико-экономические и эксплуатационные характеристики ДВС.

2. **Воспламеняемость** характеризует особенности процесса воспламенения смесей паров топлива с воздухом. Оценка этого свойства базируется на таких показателях качества, как температура вспышки, температура самовоспламенения и др. Показатель воспламеняемости имеет такое же значение, как и горючесть топлива.

3. **Горючесть** определяет эффективность процесса горения топливовоздушной смеси в камерах сгорания.

4. **Прокачиваемость** характеризует поведение топлива при перекачках его по трубопроводам и топливным системам, а также при его фильтровании. Это свойство определяет бесперебойность подачи топлива в двигатель при разных температурах эксплуатации. Прокачиваемость оценивают вязкостно-температурными свойствами, температурами помутнения и застывания, предельной фильтруемостью, содержанием воды, механических примесей и др.

**5. Склонность к образованию отложений** - это способность топлива образовывать отложения различного рода в камерах сгорания, в топливных системах, на выпускных и впускных клапанах. Имеются в виду отложения, образующиеся как при низких температурах в системах питания и смесеобразования, так и нагар, получающийся при высоких температурах в процессе сгорания топлива. Оценка этих свойств базируется на таких показателях качества топлива, как зольность, коксуемость, содержание смолистых веществ, непредельных углеводородов и т.д.

**6. Коррозионная активность и совместимость с неметаллическими материалами** характеризует способность топлива вызывать коррозионные поражения металлов, набухание, разрушение или изменение свойств резины, герметиков и других материалов. Это свойство предусматривает количественную оценку содержания в топливе коррозионно-активных веществ, испытание стойкости металлов, резины и герметиков при контакте с топливом.

**7. Защитная способность** - это способность топлива защищать от коррозии материалы при их контакте с агрессивной средой в присутствии топлива и в первую очередь защищать металлы от электрохимической коррозии при попадании воды.

**8. Противоизносные свойства** характеризуют уменьшение изнашиваемости трущихся поверхностей в присутствии топлива. Это свойство имеет важное значение для двигателей, у которых топливные насосы и топливо-регулирующая аппаратура смазываются только самим топливом без подачи смазочного материала. Свойство оценивается показателями вязкости и самосмазывающей способностью.

**9. Охлаждающая способность** определяет способность топлива поглощать и отводить тепло от нагретых поверхностей. Свойство имеет значение в тех случаях, когда топливо применяют для охлаждения масла (топливо-маслянные радиаторы) или наружной обшивки летательных аппаратов при больших скоростях полёта. Оценка свойства базируется на таких показателях качества, как теплоёмкость и теплопроводность.

**10. Стабильность** характеризует сохраняемость показателей качества при хранении и транспортировке. Это свойство оценивает физическую и химическую стабильность топлива и его склонность к биологическому поражению бактериями, грибами и плесенью. Уровень этого свойства позволяет установить гарантийный срок хранения топлива в различных климатических условиях.

11. **Экологические свойства** характеризуют воздействие топлива и продуктов его сгорания на человека и окружающую среду. Оценка этого свойства базируется на показателях токсичности топлива и продуктов его сгорания и пожароопасности.

В зависимости от вида топлива и его назначения значимость того или иного эксплуатационного свойства может быть больше или меньше.

### Испаряемость

Процессу сгорания топлива в двигателе предшествует его испарение и образование смеси паров топлива с кислородом в определённом соотношении. При полном сгорании углеводородов топлива получают главным образом диоксид углерода и вода:



Пользуясь этими уравнениями можно посчитать, что для полного сгорания 1 кг водорода требуется 8 кг кислорода, а для сгорания 1 кг углерода  $8/3$  кг кислорода. Зная элементный состав топлива можно найти необходимое количество кислорода для полного сгорания 1 кг топлива, с учётом кислорода, содержащегося в топливе. В результате известно, что для сгорания 1 кг углеводородного топлива необходимо около 15 кг воздуха. Смесь такого состава называют нормальной, теоретической или стехиометрической. Избыток или недостаток воздуха в смеси характеризуют коэффициентом избытка воздуха, который рассчитывается как отношение действительной массы воздуха в смеси к теоретически необходимой для полного сгорания топлива данного состава. для нормальной смеси  $\alpha = 1$ , для богатой смеси  $\alpha$  меньше 1, для бедной  $\alpha$  больше 1.

В современных двигателях испарение топлива и образование паровоздушной смеси может начинаться до начала процесса сгорания при относительно низких температурах и заканчиваться уже в процессе сгорания испарившейся части топлива при высоких температурах.

*Некоторые законы испарения.* Скорость испарения определяется по уравнению вытекающему из закона Дальтона:

$$V=A*(p_H - p),$$

где  $V$  - скорость испарения;  
 $p$  - парциальное давление паров над поверхностью жидкости;

$p_n$  - давление насыщенных паров жидкости при данной температуре;

$A$  - коэффициент пропорциональности.

Давление насыщенных паров определяется в приборе, называемом «бомба», который состоит из двух соединённых друг с другом камер. В нижнюю камеру, имеющую объём, в четыре раза меньший, чем у верхней, заливают исследуемое топливо. «Бомбу» помещают в водяную «баню», обеспечивающую заданную температуру, и измеряют давление паров прибором. Косвенно давление насыщенных паров можно охарактеризовать по фракционному составу, чем больше в нём низкокипящих фракций, тем выше давление насыщенных паров.

При  $p = 0$ , т.е. в начальный момент испарения, скорость процесса максимальна и близка к скорости свободного испарения. В этом случае она прямо пропорциональна давлению насыщенных паров жидкости, тем больше топлива испарится прежде, чем концентрация молекул в паровой фазе достигнет состояния динамического равновесия. При  $p = p_n$  скорость испарения становится равной нулю, испарения прекращается, наступает равновесие между жидкой и паровой фазами, когда из жидкости в единицу времени «вылетает» столько же молекул, сколько молекул пара ею поглощается.

Давление насыщенных паров зависит от температуры и для углеводородов имеет вид показательной функции.

Нефтяные топлива представляют собой смесь углеводородов с разным давлением насыщенных паров. Поэтому в процессе испарения состав паров всегда отличается от состава жидкости. Есть определённые законы, гласящие, что в паре содержится больше того компонента, добавление которого в раствор повышает общее давление паров. В итоге в паровой фазе над топливом концентрация низкокипящих углеводородов всегда больше, чем в жидкой фазе. Поэтому давление насыщенных паров смеси углеводородов зависит не только от температуры, но и от соотношения объёмов паровой и жидкой фаз. При большом соотношении этих фаз низкокипящих углеводородов может не хватить для заполнения всей паровой фазы, поэтому увеличение паровой фазы по сравнению с объёмом жидкой фазы ведёт к снижению давления насыщенных паров такой смеси углеводородов.

В процессах смесеобразования испаряющееся топливо и газовая среда движутся относительно друг друга, при этом достаточно небольшого движения воздуха, чтобы количество испаряющейся в него жидкости резко возросло.

При испарении в неподвижный воздух скорость испарения определяется скоростью диффузии паров в окружающее пространство. При высоких скоростях воздушного потока и турбулентном режиме его течения скорость диффузии уже не имеет решающего значения; в этих условиях скорость испарения зависит от скорости потоков и скорости движения вихрей. Испарение при этом идёт в условиях вынужденной конвекции.

Скорость испарения жидкости прямо пропорциональна поверхности испарения. Чтобы ускорить процесс смесеобразования, жидкое топливо распыляют на мельчайшие капли. Поверхность испарения, а следовательно, и скорость испарения резко возрастают.

Тонкость распыла зависит как от условий распыла (величина и форма отверстия распылителя, степень турбулизации топлива), так и от свойств топлива и в первую очередь от величины поверхностного натяжения.

Поверхностное натяжение углеводородов зависит от их строения. Наименьшее поверхностное натяжение имеют алканы, наибольшее - ароматические углеводороды. С повышением температуры поверхностное натяжение углеводородов и их смесей уменьшается. На границе двух фаз поверхностное натяжение зависит от свойств обеих фаз. Для углеводородов поверхностное натяжение на границе с воздухом примерно в 2 раза меньше, чем на границе с водой.

Испаряемость топлива оказывает значительное влияние на рабочий процесс и эксплуатационные характеристики двигателей.

Испаряемость бензина по нижнему пределу ограничена возможностью пуска двигателя при отрицательных температурах, по верхнему – образованием паровых пробок. Совместить оба требования при больших изменениях температуры окружающей среды затруднительно. Поэтому в ассортименте топлив имеются сезонные бензины, предназначенные для эксплуатации в определённых климатических условиях.

От испаряемости дизельного топлива зависит обеспечение быстрой подготовки и эффективного сгорания горючей смеси. Для этого оно должно содержать лёгкие, средние и тяжёлые фракции нефти в оптимальных соотношениях. Чем выше быстроходность двигателя, тем меньше времени отводится для подготовки рабочей смеси, тем выше должна быть испаряемость и топливо должно содержать большее количество лёгких фракций. Топливо более тяжёлого фракционного состава требует для сгорания большего количества воздуха.

Тяжёлые топлива с плохой испаряемостью снижают полноту сгорания, вызывают ухудшение топливной экономичности дизеля, повышение дымления, увеличение образования отложений в камере сгорания, повышенный износ цилиндропоршневой группы, разжижение моторного масла и образование низкотемпературных отложений. С другой стороны значительное облегчение фракционного состава при прочих равных условиях ухудшает пусковые свойства топлив, особенно при низких температурах, т.к. при увеличении количества паров на их прогрев затрачивается большое количество теплоты.

### Воспламеняемость и горючесть

Процессы воспламеняемости и сгорания обуславливают полноту использования химической энергии топлива. Сгорание топлива – это комплекс физико-химических превращений смеси горючего и окислителя, главная роль в котором принадлежит реакции окисления.

Сгорание развивается в условиях резко изменяющихся температур и концентраций взаимодействующих веществ. Температура при горении углеводородно-воздушной смеси изменяется в довольно широких пределах и достигает  $2000^{\circ}\text{C}$ .

В процессе горения одновременно могут протекать разные стадии реакций предпламенного окисления и горения, детальное изучение которых затруднено. Например, испарение жидкого топлива, смешение его паров с воздухом, при этом необходимая для испарения теплота приводится из зоны горения. Законченной теории горения пока не создано. Химизм сгорания углеводородов и их смесей изучен недостаточно. Однако накоплен огромный экспериментальный материал, который наряду с имеющимися теориями позволяет во многих случаях управлять процессом горения, вести инженерные расчёты тепловых двигателей и разрабатывать мероприятия по повышению эффективности использования топлив.

При изучении сгорания топлива разграничивают два процесса: процесс воспламенения (инициирования горения) и процесс распространения пламени.

Для воспламенения горючей смеси необходимо подвести определённое количество энергии, достаточное для того, чтобы в некотором объёме смеси обеспечить такие начальные скорости химических реакций, при которых тепловыделение начинает превышать скорость отвода тепла от реагирующей смеси в стенки или в окружающую более холодную смесь. Воспламенение воз-

можно самопроизвольное (самовоспламенение) или принудительное зажигание. В поршневых двигателях используют оба способа.

*Самовоспламенение осуществляется при таких условиях, когда в отдельных местах камеры сгорания в горючей смеси начинают развиваться прогрессивно самоускоряющиеся реакции окисления углеводородов, завершающиеся возникновением пламени. Необходимая для таких реакций энергия подводится за счёт сильного сжатия воздуха, в который впрыскивается топливо.*

Зажигание – это местное нагревание горючей смеси до высокой температуры. Искровой разряд в системе зажигания двигателя позволяет практически мгновенно нагреть газ в искровом канале до температуры выше  $10000^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре воспламенение некоторого объёма смеси происходит практически мгновенно. Однако для поддержания горения (распространения фронта пламени) количество энергии должно быть достаточным.

В отличие от воспламенения процесс распространения пламени идёт спонтанно, без внешнего воздействия на горючую смесь. Очередные слои или объёмы горючей смеси воспламеняются за счёт энергии, выделяющейся при сгорании предшествующих порций той же смеси.

Процессы распространения пламени различают по способам передачи энергии от горящих слоёв в свежую смесь: диффузионно-цепное и тепловое распространение пламени.

Скорость распространения пламени зависит от давления, температуры, коэффициента избытка воздуха. Поэтому все меры, направленные на повышение давления и температуры в камере сгорания, приводят к увеличению распространения фронта пламени, к увеличению скорости сгорания. Нормальная скорость 20...40 м/с. Максимальное значение скорости происходит при  $\alpha = 0,9$ . При обогащении или обеднении смеси скорость распространения фронта пламени уменьшается. Это происходит из-за нехватки кислорода при обогащении или за счёт расхода большого количества тепла на нагревание избытка воздуха при обеднении.

Процесс сгорания смеси паров топлива и воздуха с остаточными газами в двигателях с принудительным зажиганием можно разделить на три фазы (рис. 16).

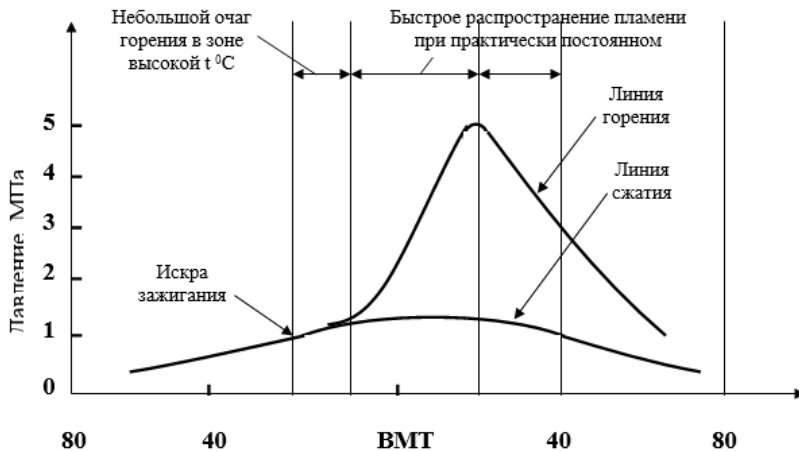


Рис. 16. Фазы горения топливовоздушной смеси

Детонационное сгорание топливо-воздушной смеси может происходить по многим причинам, но наиболее важные это конструктивные особенности двигателя, качество применяемого топлива, а так же регулировка системы зажигания и манера вождения.

Нас интересует прежде всего химический состав топлива.

Углеводороды в составе топлива обладают различной детонационной стойкостью (ДС).

Наименьшая ДС у *n*-алканов (парафины). С увеличением числа углеродных атомов в их цепи ДС ухудшается. У изомеров алканов ДС выше, но и у них с увеличением числа атомов углерода в цепи она уменьшается. Увеличение разветвлённости молекулы, симметричное расположение метильных групп и приближение их к центру молекулы способствуют повышению ДС изоалканов.

Олефины (алкены, одна двойная связь) имеют более высокие антидетонационные свойства, чем *n*-алканы с тем же числом атомов углерода. Влияние строения олефинов на их ДС подчиняется тем же законам, что и у алканов: с уменьшением длины цепи, увеличением степени разветвлённости и повышением компактности молекул ДС повышается. Лучшие детонационные свойства имеют те олефины, у которых двойная связь располагается ближе к центру углеродной цепи.

Среди диеновых (две двойных связи) более высокую ДС имеют углеводороды с сопряжённым расположением двой-



ной цепи.

ДС нафтеновых углеводородов (циклоалканы, циклопарафины) выше, чем у n-алканов, но ниже, чем у ароматических углеводородов с тем же числом атомов углерода в молекуле. С уменьшением длины боковой цепи, увеличением степени её разветвлённости и компактности антидетонационные свойства нафтенов улучшаются. Однако это манне заметно по сравнению с парафинами и олефинами.

Ароматические углеводороды обладают высокой ДС, и в отличие от других углеводородов их ДС с увеличением числа углеродных атомов в молекуле не снижается. Уменьшение длины боковой цепи и повышение её разветвлённости улучшает ДС ароматических углеводородов. То же самое происходит при появлении в боковых цепях двойных связей и симметричное расположение алкильных групп.

**Октановое число (ОЧ).** Мерой ДС бензинов является ОЧ. Определяют ОЧ на установке УИТ-65 двумя методами, отличающимися режимом работы этого специального одноцилиндрового двигателя. **Моторный метод** – это форсированный режим работы с большой и длительной нагрузкой (междугородное движение). **Исследовательский метод** – меньшие нагрузки характерные для городского цикла. ОЧ, найденное исследовательским методом, несколько выше, чем ОЧ, определённого моторным методом. Разница в ОЧ бензина называется **«чувствительностью»**. Чувствительность зависит от химического состава бензина: наибольшая у олефинов (алкенов, одна двойная связь), несколько меньше у ароматических углеводородов, затем идут нафтены (циклоалканы) и самая низкая у парафинов (алканы). **Пути повышения ДС.** По ДС определяют необходимое соотношение компонентов в товарных бензинах. Высокая ДС достигается тремя основными способами:

- использование в качестве базы наиболее высокооктановых вторичных продуктов переработки нефти или увеличение их доли в товарных бензинах;
- использование высокооктановых компонентов в товарных бензинах;
- применение антидетонационных присадок.

Используются все три. Товарные бензины готовят смешением компонентов, полученных прямой перегонкой, крекингом, риформингом, коксованием, алкилированием, полимеризацией, изомеризацией и другими способами переработки нефти и нефтяных фракций.

1. Бензины прямой перегонки имеют большое количество алканов с низким ОК и используют их в небольшом объёме для получения А-72 и А-76.

Компоненты, полученные термическим методом (большое количество алкенов [олефинов], ДС у которых выше, чем у н-алканов), добавляют только в автомобильные бензины.

Бензины, полученные каталитическим крекингом, имеют более высокую ДС, чем бензины термического крекинга. Это обусловлено повышенным содержанием в них изоалканов и ароматических углеводородов. Их используют как базовые для приготовления товарных высокооктановых бензинов.

В процессе каталитического риформинга получают бензины с высокой ДС за счёт ароматизации и частичной изомеризации углеводородов. В них до 70 % содержатся ароматические углеводороды. Их так же используют в качестве базовых для получения высокооктановых бензинов. Причём не только дистиллят, но и отдельные фракции, оставшиеся после извлечения индивидуальных ароматических углеводородов.

2. Для улучшения тех или иных характеристик базовых бензинов применяют высокооктановые компоненты. Некоторые их них получают алкилированием, изомеризацией, полимеризацией, и их стоимость выше стоимости базовых бензинов. Добавляют их в небольших объёмах. Наиболее распространённым компонентом является смесь низкокипящих углеводородов с различными пределами выкипания. Широкую фракцию низкокипящих углеводородов называют **газовым бензином**. Более узкие фракции с преобладанием того или иного углеводорода называют по преобладающему углеводороду.

В смеси ОЧ компонентов отличаются от ОЧ их в чистом виде. Каждый компонент имеет свою смешительную характеристику или ОЧ смешения, которое зависит от массы введённого компонента, состава базового бензина, присутствия других компонентов.

3. Наиболее эффективным и экономически выгодным способом повышения детонационной стойкости бензинов является введение антидетонаторов. Эти вещества обладают способностью при добавлении в бензин в небольшой концентрации резко повышать его детонационную стойкость.

Сюда относятся алкилсвинцовые антидетонаторы (в первую очередь **тетраэтилсвинец**  $Pb(C_2H_5)_4$ , а затем **тетраметилсвинец**  $Pb(CH_3)_4$  и кислородосодержащие соединения (спирты, эфиры и их смеси, в первую очередь метил-*трет*-бутиловый эфир).

Алкилсвинцовые антидетонаторы - бесцветные, прозрачные, сильно токсичные жидкости, тяжелее воды. В них добавляют «выносители» и красители. При высоких температурах в камере сгорания алкилсвинцовые антидетонаторы разлагаются с образованием свинца и радикалов. Свинец окисляется до диоксида свинца  $PbO_2$ , который разрушает активные соединения, предотвращая тем самым детонацию.

*Оксид свинца имеет высокую температуру плавления и способен отлагаться на относительно холодных деталях двигателя в виде твёрдого нагара. Для предотвращения этого вводят «выносители», в качестве которых используют органические соединения брома и хлора. «Выносители» создают более летучие соединения свинца с низкой температурой плавления. Смесь «выносителя» и антидетонатора*

называют этиловой жидкостью.

**Калильное зажигание.** Рабочая смесь в конце такта сжатия готова к воспламенению, поэтому создаются условия для самопроизвольного, неуправляемого воспламенения независимо от времени подачи искры зажигания. Источником воспламенения могут служить перегретые клапана, свечи, кромки прокладок, тлеющие частички нагара и т.д. КЗ нарушает протекание процесса сгорания, снижает мощность, ухудшает топливную экономичность. КЗ принципиально отличается от ДС, хотя в условиях работы ДВС тесно переплетаются. Сгорание смеси после КЗ протекает с нормальными скоростями и может не сопровождаться детонацией. Пути борьбы с ним – улучшение конструкций камеры сгорания и введение присадок, изменяющих свойства образующегося нагара. Наиболее распространены фосфорные присадки, например, трикрезилфосфат.

В дизельном двигателе воспламенение и сгорание топлива происходит иначе, чем в бензиновом. Для дизельного топлива одной из важнейших характеристик является время задержки воспламенения, оцениваемое **цетановым числом** (ЦЧ). Определяют ЦЧ на установке ИТ9-3 или на той же УИТ-65.

Применение топлив с ЦЧ менее 40 обычно приводит к жёсткой работе ДВС, а более 50 - к повышению удельного расхода топлива, вследствие уменьшения полноты сгорания.

ЦЧ зависит от содержания и строения углеводородов, входящих в его состав. Воспламеняемость углеводородов различных классов существенно различна. Парафины (алканы) и олефины (алкены, одна двойная связь) термически менее устойчивы, имеют высокие ЦЧ, особенно n-алканы. Углеводороды с одной или

несколькими боковыми цепями обладают меньшим ЦЧ.

Для окисления ароматических углеводородов необходимы более высокая температура и большой промежуток времени, поэтому их ЦЧ невелики.

Увеличение числа углеродных атомов в молекуле ведёт к увеличению ЦЧ. ЦЧ высококипящих фракций дизельного топлива, как правило, выше ЦЧ низкокипящих фракций.

Углеводороды, имеющие высокие ЦЧ, обладают низкой детонационной стойкостью. Отсюда была выведена эмпирическая зависимость ЦЧ топлива от его ОЧ:

$$ЦЧ = 60 - ОЧ/2.$$

Чем выше ЦЧ топлива, тем ниже его ОЧ и наоборот. Поэтому добавление в дизельное топливо бензиновых фракций снижает его ЦЧ.

Для повышения ЦЧ в дизельное топливо добавляют специальные присадки. Наиболее эффективными являются некоторые пероксидные соединения и алкилнитраты. Пероксидные соединения при хранении подвергаются дальнейшему окислению и их эффективность падает, поэтому широкого применения не получили. В качестве присадки чаще используют в небольших концентрациях изопилнитрат.

ЦЧ характеризует пусковые свойства дизельного топлива: с увеличением ЦЧ пуск двигателя облегчается. Однако это справедливо для топлив, незначительно различающихся по фракционному составу. Тяжёлое топливо с высоким ЦЧ оказывается хуже по пусковым свойствам, чем лёгкое топливо с низким ЦЧ.

### Прокачиваемость

Для нормальной работы двигателя необходима бесперебойная подача топлива в определённом объёме. Уменьшение подачи ведёт к обеднению топливо-воздушной смеси, снижению мощности и надёжности работы двигателя. Увеличение подачи также ухудшает нормальную работу двигателя и экономически невыгодно из-за повышенного расхода двигателя.

Нарушение подачи связано со следующими показателями качества топлива:

- ✓ вязкостью;
- ✓ образованием кристаллов льда и углеводородов;
- ✓ загрязнением механическими примесями, смолистыми веществами и т.д.;
- ✓ испарением топлива в системе подачи.

**Вязкость.** От вязкости топлива зависит гидравлическое сопротивление всех элементов системы питания – при увеличении вязкости гидравлическое сопротивление элементов увеличивается. Например, с понижением температуры окружающего воздуха вязкость всех жидких топлив резко возрастает. Вследствие этого гидравлическое сопротивление может настолько увеличиться, что подача топлива окажется недостаточной для нормальной работы двигателя.

Скорость нарастания вязкости топлива при его охлаждении зависит от строения и молекулярной массы, входящих в него углеводов. При увеличении молекулярной массы всех углеводов вязкость увеличивается, а скорость её нарастания при охлаждении становится всё больше. Из всех классов углеводов наименьшая вязкость у алифатических углеводов, то есть с ациклическим углеродным скелетом. Эти же углеводороды в меньшей степени изменяют свою вязкость при охлаждении. Нормальные, неразветвлённые углеводороды имеют меньшую вязкость и при охлаждении изменяют её не так резко, как разветвлённые. При этом чем больше атомом углерода в боковых цепях, тем вязкость выше и её изменения сильнее. У алифатических углеводов с двойной связью в молекуле вязкость меньше.

Ароматические углеводороды в молекуле повышают вязкость и ухудшают вязкостно-температурную характеристику, делая её кривую более крутой. Бициклические углеводороды (два цикла в молекуле) при одинаковой молекулярной массе с моноциклическими имеют более высокую вязкость и более резкое её изменение с понижением температуры.

Из жидких топлив наименьшую вязкость и самую пологую вязкостно-температурную характеристику имеют бензины. Гидравлическое сопротивление системы питания при прокачке бензина с понижением температуры растёт незначительно и практически не влияет на работу двигателя. Однако и изменение вязкости бензина также влияет на работу двигателя: чем ниже вязкость, тем больше подача бензина и тем больше расход топлива.

**Образование в топливе кристаллов воды.** При температуре окружающего воздуха 20<sup>0</sup> С содержание воды в топливе незначительно – не более 0,02...0,03 %. При положительных температурах окружающего воздуха такое содержание воды не влияет на их эксплуатационные свойства.

Однако с понижением температуры окружающего воздуха ниже 0<sup>0</sup> С растворимость воды в топливе уменьшается, появляет-

ся её избыток и если этот избыток воды не успевает перейти в воздух, образуются мелкие капли, превращающиеся в кристаллы льда. Такие условия создаются в топливных баках. Эти кристаллы задерживаются в фильтрующих элементах, что в начале ведёт к частичной, а затем к полной забивке фильтров и прекращении подачи топлива. В большой степени это явление зависит от растворимости воды в топливе.

Наибольшая растворяющая способность по отношению к воде у ароматических углеводородов. С увеличением молекулярной массы и разветвлённостью молекулы растворимость воды в ароматических углеводородах уменьшается. Алкены (непредельные углеводороды, олефины) растворяют воды значительно больше, чем алканы (наиболее насыщенные углеводороды, парафины) и циклоалканы (предельные углеводороды, нафтены). При увеличении молекулярной массы парафинов и нафтенных растворимость воды в них снижается, однако не так резко, как у ароматических углеводородов. В смесях растворимость воды изменяется аддитивно, то есть суммируется.

Для топлив, мало различающихся по фракционному составу, растворимость воды тем выше, чем больше в них содержится ароматических углеводородов. При равном содержании ароматических углеводородов в разных топливах растворимость воды уменьшается с утяжелением их фракционного состава.

Содержание воды в топливе зависит и от влажности воздуха, и чем выше влажность, тем выше содержание воды в топливе. При этом вода переходит из воздуха в топливо и обратно очень быстро, так как находится в топливе в молекулярном состоянии. Из воздуха вода переходит в топливо гораздо быстрее, чем из жидкой фазы.

Кристаллы льда образуются в топливе не только за счёт замерзания капель избыточной воды, но и за счёт перехода в топливо инея со стенок сосудов, ёмкостей, баков. Стенки охлаждаются быстрее, чем само топливо и воздух над ним. В результате пары воды конденсируются на стенках и образуется иней, который либо переходит в топливо, либо просто осыпается или смывается.

Для борьбы с кристаллами льда разработаны конструктивные и физико-химические способы.

Конструктивные способы заключаются в подогреве топлива в системе питания или впрыскивании на фильтр специальных жидкостей, растворяющих воду.

К физико-химическим способам борьбы со льдом относятся специальные присадки, вводимые в товарное топливо. Они спо-

способны не только предотвращать кристаллообразование льда, но и растворять ранее образовавшиеся кристаллы. Они увеличивают растворимость воды в топливах и сами хорошо растворяются как в топливе, так и в воде.

**Образование кристаллов углеводородов.** В состав топлив входят с разной температурой кристаллизации. В топливе они находятся в растворённом состоянии и при понижении температуры, их растворимость уменьшается, и они выпадают в виде кристаллов. Такая температура называется *температурой помутнения*. При дальнейшем понижении температуры кристаллы углеводородов *«срачиваются»* образуя каркас. При этом топливо теряет подвижность, а температура называется *температурой застывания*. Считается, что температура помутнения топлива характеризует фильтруемость топлив при низкой температуре, а температура застывания – прокачиваемость.

Растворимость отдельных углеводородов в топливах и температуры выпадения кристаллов зависят от строения углеводородов и состава топлива. Как правило, температура кристаллизации всех углеводородов повышается с увеличением молекулярной массы, а следовательно, и температура кипения. В большой степени температура кристаллизации зависит от строения углеводородов. Самую высокую температуру кристаллизации имеют нормальные алканы (парафины с неразветвлённым углеродным скелетом). С увеличением длины скелета температура кристаллизации повышается. У изомеров алканов (разветвлённый углеродный скелет) температура кристаллизации понижается. Олефины (алкены, ненасыщенные углеводороды) имеют более низкую температуру кристаллизации, чем соответствующие алканы. Нафтеновые (циклоалканы, циклопарафины, предельные углеводороды) и ароматические углеводороды с разветвлёнными алкильными цепями кристаллизуются при более низких температурах, чем соответствующие алканы. С увеличением длины неразветвлённой боковой цепи температура кристаллизации этих углеводородов повышается.

Содержащиеся в бензинах низкомолекулярные углеводороды имеют приемлемые низкотемпературные свойства. В тяжёлых углеводородных фракциях дизельных топлив наиболее высокими температурами кристаллизации обладают нормальные малоразветвлённые алканы. Застывание дизельных топлив вызывают и моноциклические нафтеновые и ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями нормального (неразветвлённые) строения.

Возникновение кристаллов зависит и от концентрации и строении примесей: смолистых веществ и сераорганических соединений.

Вязкость топлива пропорциональна скорости роста кристаллов: с повышением вязкости топлива размеры выпадающих кристаллов уменьшаются, и скорость их роста замедляется. После выдерживания топлива при постоянной температуре содержащиеся в нём кристаллы срашиваются друг с другом, образуя каркасы. Эти каркасы захватывают в свои ячейки жидкие углеводороды, не кристаллизующиеся при данной температуре.

В настоящее время для устранения застывания топлива используют депрессорные присадки. Такие присадки снижают температуру застывания топлива и не влияют на температуру помутнения. Твёрдые углеводороды начинают кристаллизоваться при одной и той же температуре независимо от присутствия в топливе депрессорной присадки. Но сращивание кристаллов в присутствии присадки происходит при более низкой температуре.

**Загрязнение и механические примеси.** В процессе транспортирования топливо загрязняется механическими примесями: почвенная пыль, продукты коррозии ёмкостей и трубопроводов, продукты износа перекачивающих средств. На этих неорганических примесях адсорбируются органические асфальтено-смолистые вещества – продукты окисления нестабильных составляющих топлива.

К основным компонентам механических примесей относятся: оксиды кремния, алюминия, железа, соединения кальция, магния, натрия. В почвенной пыли содержится от 50 до 95 % кварца, твёрдость которого больше твёрдости конструктивных материалов двигателя. Поэтому именно кварц вызывает абразивное изнашивание деталей, засорение каналов и жиклёров, отложение во впускном трубопроводе, в камерах сгорания, на клапанах, нарушает плотность посадки. Для снижения содержания механических примесей необходимо топливо отстаивать и отфильтровывать.

### **Стабильность топлив. Склонность к образованию отложений**

В процессе транспортировки, хранения и применении свойства топлив могут изменяться в результате физических и химических процессов. Кроме того, в топливах могут развиваться грибки и бактерии. Поэтому различают физическую, химическую и биологическую стабильность.



Физическую стабильность определяют: склонность топлива к испарению и способность расслаиваться и образовывать осадки при смешивании.

Химическая стабильность: склонность к окислению углеводородов и неуглеводородных примесей при обычных и повышенных температурах с образованием смолистых кислородосодержащих соединений.

Биологическая стойкость: стойкость к воздействию бактерий, грибков и плесени.

**Физическая стабильность.** Испарение топлива во время транспортировки и хранения ведёт не только к материальным потерям, но и к ухудшению эксплуатационных свойств и загрязнению окружающей среды.

Чем больше в топливе легкокипящих фракций углеводородов, чем ниже температура начала кипения топлива, чем выше давление его насыщенных паров, тем больше склонность топлива к испарению. Из жидких топлив максимальную склонность к потерям от испарения имеют бензины.

Топлива, содержащие только углеводородные компоненты, не расслаиваются при любых температурах. Попадание воды в такие топлива не сопровождается вымыванием каких-либо компонентов, и после отстоя топлива не изменяют своих свойств. Иначе ведут себя топлива, в которых присутствуют кислородосодержащие компоненты, например, спирты.

Растворимость метанолов и этанолов в углеводородах ограничена. При попадании воды концентрация спиртов снижается, ухудшается их растворимость и топливо мутнеет. Топлива тяжёлого фракционного состава смешиваются с метанолом хуже бензинов и расслаиваются при более высоких температурах.

**Химическая стабильность.** На любой стадии – хранение, транспортировка, применение – происходит соприкосновение топлива с воздухом. Нестабильные соединения находящиеся в топливе под воздействием кислорода изменяются с образованием смолистых веществ. Эти продукты окисления способны вызвать коррозию деталей двигателя, забивать фильтры и жиклёры, образовывать отложения на клапанах и в камере сгорания.

Химическая стабильность топлив зависит от состава и строения углеводородов и содержания и природы неуглеводородных примесей, входящих в состав топлива. Кроме того, химическая стабильность зависит от температуры, концентрации кислорода, солнечного света и других факторов.

Окислению подвергаются все углеводороды, но с разной

скорость, но самопроизвольно без подвода внешней энергии. Автоокисление углеводов процесс самоускоряющийся.

В большей степени окислению подвержены непредельные углеводороды. Их склонность зависит от строения углеродного скелета и расположению двойных связей. Углеводороды с сопряжёнными двойными связями (ациклические или циклические) и с одной двойной связью в боковой цепи, связанной с ароматическим ядром, являются инициаторами окисления остальных углеводородов. Среди алкенов менее склонны к окислению циклоалкены с одной двойной связью, диены с удалёнными двойными связями и олефины. По мере разветвления углеродного скелета и приближения двойной связи к середине молекулы склонность олефинов к окислению возрастает.

Наименее подвержены к окислению алканы, нафтены, бензол. Ароматические углеводороды с боковыми цепями окисляются легче бензола. Склонность к окислению возрастает с увеличением молекулярной массы, увеличением числа и длины боковых цепей и несимметричности молекулы.

**Биологическая стойкость.** Образование микробиологических масс и продуктов их жизнедеятельности способствует коррозии металлов, ведёт к забивке трубопроводов, фильтров и каналов топливной аппаратуры. Микроорганизмы, попадая в топливо, могут длительное время сохраняться в нём, не размножаясь, но и не отмирая. Многие микроорганизмы развиваются в системах из топлива и воды. При этом микробиологические массы развиваются на поверхности раздела между водой и топливом. Росту микроорганизмов способствует повышение температуры. Большая влажность с высокой температурой способствуют развитию микроорганизмов.

### **Коррозионная активность. Совместимость с неметаллическими материалами**

В процессе хранения, транспортирования, применения топлива могут вызывать коррозию металлов, набухание, разрушение или другие изменения свойств резин, герметиков и других эксплуатационных материалов. Продукты сгорания топлив вызывают коррозию деталей цилиндропоршневой группы, газораспределительного механизма, агрегатов выпускного тракта и увеличивать коррозионную активность атмосферы.

Коррозия обычно протекает на границе двух фаз – металла и жидкости или газа. Причиной коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов. Все металлы в условиях эксплу-

атации стремятся перейти в стабильное окисленное состояние, в чём и проявляется суть коррозии.

Химический и электрохимический процессы коррозии различны по принципу и по скорости протекания.

Химическая коррозия возникает при прямом химическом взаимодействии металла с окружающей средой или её компонентами. Это обычная химическая реакция, протекающая в средах, не проводящих электрического тока: сухие газы и неэлектрики. Например, газовая коррозия выпускного тракта отработавшим газом или коррозия топливной системы за счёт взаимодействия с сернистыми соединениями, находящимися в топливе.

Электрохимическая коррозия происходит в том случае, когда на поверхности металла имеется электролит: водный раствор солей, кислот, щелочей, проводящих электрический ток. Такая коррозия протекает со значительной скоростью и играет ведущую роль в разрушении металлов во взаимодействии с топливом.

Вода может попасть в топливо при заправке, резком перепаде температур, высокой влажности воздуха. Газы, находящиеся в воздухе, растворяются в этой воде. Так возникает электрохимическая реакция в плёнке получившегося электролита на поверхности границ металла и топлива или газа.

Коррозионная активность зависит от состава топлив. Углеводороды не оказывают коррозионного воздействия на металлы. Коррозионная активность топлив зависит от неуглеводородных примесей: сернистых и кислородных соединений, и водорастворимых кислот и щелочей.

Водорастворимые кислоты и щёлочи являются случайными примесями, попавшие в топливо после одного из видов очистки или при использовании недостаточной чистой тары и трубопроводов. Кислоты вызывают сильную коррозию любых металлов, щёлочи корродируют алюминий.

К другим примесям, вызывающим коррозию, относятся сераорганические соединения. Активность соединений серы при обычных температурах различна. К активным относят сероводород, свободную серу и меркаптаны. Сероводород особенно опасен для цинка, меди, железа, латуни, сера воздействует на медь и железо, меркаптаны взаимодействуют почти со всеми металлами.

Такие соединения серы, как сульфиды, дисульфиды, тиофены, тиофаны относятся к неактивным и при обычных температурах не взаимодействуют с металлами. Но в процессе сгорания все сернистые соединения образуют активные оксиды серы –  $SO_2$  и  $SO_3$ . Именно поэтому общее содержание серы в топливах ограни-

чивается.

Характер коррозионного действия оксидов серы на металлы зависит от температуры. При низкой температуре, когда возможна конденсация водяных паров из продуктов сгорания, происходит электрохимическая коррозия. При температуре выше критической конденсации влаги на поверхностях не происходит и протекает высокотемпературная сухая газовая химическая коррозия.

В области оптимальных температур коррозия минимальна. Снижение температуры ниже оптимальной резко увеличивает скорость электрохимической коррозии, скорость химической коррозии возрастает с повышением температуры не так быстро. Таким образом, высокотемпературные режимы менее опасны, чем низкотемпературные. В бензиновых двигателях коррозия оказывает более сильное влияние на износ цилиндров, чем в дизелях. Наибольший износ наблюдается при пуске двигателя, особенно в зимнее время и при эксплуатации с частыми и длительными остановками.

При необходимости использования сернистых топлив снижение коррозионного износа цилиндра-поршневой группы возможно за счёт щелочных присадок в моторное масло.

Сложнее защитить от коррозии детали выпускного тракта и особенно глушителя. Оксиды серы растворяются в воде, конденсирующейся из продуктов сгорания. Здесь снижения коррозии можно достигнуть уменьшением содержания серы в топливе.

Кислородосодержащие соединения всегда присутствуют в топливах. Они попадают из нефти при её переработке, при окислении непредельных углеводородов при хранении и транспортировке.

Высокой коррозионной активностью из кислородосодержащих обладают нафтенновые кислоты. Но они заметное влияние оказывают на свинец и цинк, а на другие цветные металлы и на чёрные металлы они действуют незначительно.

Кислые продукты окисления нестабильных углеводородов обладают значительно большей коррозионной активностью, чем нафтенновые кислоты, тем более часть их растворима в воде.

Для снижения коррозионной активности топлива подвергают очистке. Антиокислительные присадки предотвращают окисление углеводородов и сернистых соединений. Действие этих присадок различно:

– ингибиторы хемосорбционного действия, химически взаимодействуя присадки с металлом, образуют на его поверхности защитную плёнку;

## Эксплуатационные материалы

– ингибиторы адсорбционного действия, образуют на поверхности металла защитную плёнку вследствие адсорбции полярных групп поверхностно-активных веществ;

– ингибиторы нейтрализующего действия нейтрализуют кислотно-агрессивные продукты.

Добавка азотосодержащих присадок к топливам уменьшает газовую коррозию выпускного тракта.

Микроорганизмы в результате своей жизнедеятельности образуют кислые коррозионно-активные вещества в виде коричнево-чёрной слизи, скапливающейся на границе раздела двух фаз: топливо–вода – на дне резервуара, топливного бака, на стенках трубопроводов. Эти продукты жизнедеятельности микроорганизмов не только разрушают защитные покрытия металлов, но и вызывают разложение антикоррозионных присадок. Для борьбы с микроорганизмами применяют бактерицидные присадки.

Углеводороды являются растворителями многих неметаллических материалов, их которых изготавливают детали топливных систем двигателя. Особенно высокая растворяющая способность у ароматических углеводородов, входящих в состав топлив до 50%. Неметаллические материалы набухают, из них вымываются присадки и ингредиенты. Это приводит к преждевременному выходу из строя прокладок, герметиков, сальников, шлангов и т.д.

### **Защитная способность**

Даже после очистки топлив после практически полного удаления коррозионно-активных компонентов коррозия металлов не только не уменьшилась, но в ряде случаев даже увеличилась. Коррозионная активность топлив действительно уменьшилась, но серо- и кислородосодержащие соединения, являясь поверхностно-активными веществами, способны образовывать на поверхности металлов плёнки, предотвращающие электрохимическую коррозию в присутствии воды. Это свойство получило название защитной способности.

Коррозионная активность и защитная способность проявляются одновременно и это учитывается при разработке антикоррозионных и защитных присадок.

### **Противоизносные свойства**

В автомобильных двигателях внутреннего сгорания детали топливоподающей аппаратуры смазываются самим топливом. Создавать дополнительную масляную систему для смазки элементов топливной системы сложно, так как смазочное масло применять

здесь невозможно.

Интенсивность износа трущихся деталей системы питания двигателя при контакте с топливом зависит от конструктивных (контактирующие металлы и их сплавы, чистота обработка поверхности, величина и характер нагрузок) и эксплуатационных (температурный режим работы деталей, степень нагрева топлива) факторов.

Степень загрязнённости топлива механическими примесями влияет на интенсивность износа, но является величиной переменной и зависит от системы фильтрования. Поэтому в понятие противоизносных свойств топлива не включается.

Противоизносные свойства топлив зависят от вязкости и её температурных изменений, от наличия в топливе поверхностно-активных веществ. Смазывающие свойства топлив значительно хуже, чем у масел. И вязкость, и содержание поверхностно-активных веществ в топливе значительно меньше, чем в масле. С увеличением пределов выкипания топлива, увеличивается его вязкость и содержание поверхностно-активных веществ и, следовательно, Противоизносные свойства.

На поверхности трущихся пар при контакте с топливом образуется граничный слой, выполняющий роль смазочной плёнки. Образование этой плёнки связано с активностью поверхностного слоя металла, притягивающего серо-, кислородо- и азотосодержащие соединения и создающие на поверхности смазочную плёнку. Наилучшими противоизносными свойствами обладают кислородные соединения.

Образование смазочной плёнки на поверхности трущихся деталей связано не только с адсорбцией (физическим взаимодействием), но и с хемосорбцией (химическим взаимодействием). Хемосорбционная плёнка более прочная, чем адсорбционная, поэтому её стараются создать в самых нагруженных узлах.

После очистки из топлива удаляются гетероорганические соединения и ухудшаются противоизносные свойства. Поэтому в товарное топливо добавляют противоизносные присадки.

Противоизносные свойства топлив ухудшаются в присутствии механических примесей, так как они разрушают плёнку и вызывают абразивный износ.

### **Охлаждающая способность**

Расход топлива в двигателях большой, что позволяет отвести значительное количество тепла от объекта и одновременно нагреть топливо, что улучшает его испаряемость перед сгорани-

ем.

Но для эффективности использования топлива в качестве охлаждающей жидкости оно должно отвечать определённым требованиям:

– Температура начала кипения должна быть выше возможного нагрева топлива при выходе из теплообменника. Закипание топлива может нарушить работу системы питания двигателя.

– Топливо должно обладать высокой термической стабильностью и не окисляться при температурах в теплообменнике.

– Топливо должно иметь высокую теплоёмкость.

– У топлива должна быть высокая теплопроводность, обуславливающая скорость протекания процесса теплоотдачи. Наибольшей теплоёмкостью обладают алканы нормального строения (неразветвлённые парафины). При увеличении разветвлённости у изомеров теплоёмкость всех углеводородов падает.

### **Некоторые эксплуатационные свойства дизельных топлив**

Рабочий процесс в дизельных двигателях принципиально иной, чем в бензиновых: топливо смешивается с воздухом непосредственно в камере сгорания и отсутствует принудительное воспламенение рабочей смеси. Отсюда и специфические требования к качеству дизельного топлива. В цилиндрах дизеля сжимается не рабочая топливовоздушная смесь, а воздух. В сжатый до 3...7 МПа и нагретый за счёт высокого давления до 500...800<sup>0</sup> С воздух под высоким давлением через форсунку впрыскивается топливо. Оно испаряется, нагревается до температуры воспламенения, перемешивается с горячим воздухом и самовоспламеняется.

Для обеспечения полного и качественного сгорания топлива оно должно обладать:

- хорошей прокачиваемостью для бесперебойной работы ТНВД;
- тонким распылом и хорошим смесеобразованием;
- отсутствием: нагарообразования на клапанах, кольцах, поршнях; зависания иглы; закоксовывания форсунки;
- отсутствием коррозионного воздействия на резервуары, топливопроводы;
- химической стабильностью.

**Низкотемпературные свойства.** При понижении температуры в дизельном топливе появляются разрозненные кристаллы парафинов, которые оседают на фильтрах и ухудшают подачу

топлива в цилиндры.

Показатели, характеризующие начало кристаллизации и потерю подвижности топлива стандартизованы. К ним относятся:

- *температура помутнения*, при которой топливо теряет прозрачность из-за начавших выпадать кристаллов парафинов;

- *температуру застывания*, при которой дизельное топливо теряет подвижность из-за образования кристаллической решётки из выпавших парафинов. Определяют её в стандартном приборе, наклонённом под углом в  $45^{\circ}$  в течении одной минуты..

Нормальная работа двигателя возможна в условиях, когда температура окружающего воздуха на  $5...10^{\circ}$  С выше температуры застывания.

**Вязкостные свойства.** Понижение или повышение вязкости (для топлив различных марок вязкость изменяется в пределах  $1,8...6,0$  мм<sup>2</sup>/с) приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, а также процессов смесеобразования и сгорания.

Загустевание топлива приводит к повышению сопротивления подачи топлива и, как следствие, к нарушению нормальной работы двигателя. Крупные капли повышенной вязкости испаряются медленнее, частично оседают на днище поршня и стенках цилиндра, что приводит к нарушению процесса горения и, как следствие, снижению КПД, увеличению нагара.

**Испаряемость.** Топлива, содержащие высококипящие углеводороды, в условиях камеры сгорания во время рабочего процесса испаряются медленно и неполно. Это затрудняет пуск двигателя, снижает его экономичность и увеличивает дымность отработавших газов. С другой стороны, если топливо имеет облегчённый фракционный состав, оно способно испариться быстро и полно. Однако, из-за плохой самовоспламеняемости возникают трудности с запуском двигателя, а после прогрева его работа становится жёсткой. Поэтому дизельное топливо должно обладать оптимальной испаряемостью.

Для повышения поверхности испарения топливо тщательно распыляют, что достигается при прохождении его с большой скоростью через сопло форсунки.

Такой показатель, как температура выкипания 50 % фракции характеризует пусковые качества дизельных топлив, а температура выкипания 96 % фракции указывает на содержание в топливе трудно испаряющихся фракций, которые ухудшают смесеобразование и вызывают неполное сгорание.

**Склонность к образованию отложений.** Высокой химической стабильностью отличаются топлива, получаемые при раз-



гонке нефти с низким содержанием сернистых соединений.

Образование нагара и смолистых отложений зависит не только от состояния и режимов работы двигателя, но и от качества топлива. Наибольший вред приносит присутствие в них смолистых веществ. Оказывают влияние так же вязкость, углеводородный и фракционный состав.

На процесс нагарообразования оказывают влияние зольность и количество неорганических механических примесей.

### Присадки к топливам

В настоящее время присадки к топливам в России приобрели широкое распространение. Раньше их ассортимент был невелик и они использовались исключительно нефтеперерабатывающими заводами для обеспечения требуемых показателей качества топлив. Теперь же к присадкам проявляют интерес и владельцы транспортных средств. При этом преследуется несколько целей. Одних привлекает возможность использовать более дешёвый низкооктановый бензин, улучшив его антидетонационные свойства специальными присадками, других – возможность улучшения потребительских качеств стандартных топлив, например понижение температуры застывания летнего дизельного топлива путём добавки депрессоров. Грамотные потребители используют многофункциональные присадки, улучшающие моющие, защитные и др. свойства топлив. Затраты на присадки окупаются повышением комфортности обслуживания автомобиля, поддержанием оптимальных характеристик рабочих режимов и увеличением ресурса двигателя. Могут использоваться и присадки улучшающие экологические свойства топлив. К ним относятся многофункциональные присадки и антидымные, антисажевые.

Необходимо отметить, что присадки не предназначены для компенсации недостатков, связанных с низким качеством топлив или плохим техническим состоянием двигателя. Наоборот, чем лучше топливо и двигатель, тем больший эффект может быть получен от присадок.

В настоящее время в мире выпускается около 1,5 млн. т присадок к топливам в год. На 95 % это присадки к автомобильным бензинам. В России растёт интерес к присадкам. Например, за 1996...1998 годы допущено присадок больше, чем за предыдущие 15 лет. В 90<sup>е</sup> годы в центре внимания находятся модификаторы горения и антидетонаторы.

К топливам добавляют более 30 основных присадок, а композиций этих присадок насчитывается более сотни. Мировой ас-

ассортимент присадок насчитывает несколько тысяч товарных марок. В России присадки к топливам стали применяться позже, чем в других странах мира, поэтому их число не так велико, а возможности используются не в полной мере.

Деление присадок на типы при их классификации производят исходя из назначения. Затем присадки различных типов подразделяют по механизму действия. Например, предлагается разделять присадки на *стабилизаторы*, т. е. позволяющие сохранять физико-химические и эксплуатационные свойства, присущие самим топливам, и модификаторы, придающие топливам новые качества. Последние, кроме того, подразделяются на модификаторы радикального и коллоидно-химического характера. Следует отметить, что современные присадки в большинстве своём многофункциональны. Однако большинство многофункциональных присадок к бензинам и дизельным топливам базируется на агентах мощного действия, которое является основным. Ассортимент присадок представлен в табл. 3.

### Ассортимент топлив

В производстве и применении товарных топлив имеется чёткое разделение на бензины и дизельные топлива, обладающие значительными отличиями друг от друга по нескольким физико-химическим параметрам и методам их контроля.

При анализе свойств топлив необходимо учитывать, что групповой состав топлив одной и той же марки может значительно отличаться в зависимости от вида используемого сырья и технологии его переработки, однако все контрольные показатели должны удовлетворять нормативным документам.

### Бензины

Товарные бензины готовят, как правило, смешением нескольких компонентов. Непосредственное получение товарных бензинов в готовом виде на отдельных нефтеперерабатывающих установках невозможно по некоторым причинам технического и экономического характера. Смешение компонентов позволяет получать товарный продукт с заданными показателями качества при рациональном использовании физических и химических свойств каждого компонента. Кроме того, получение товарных бензинов путём смешения позволяет наиболее полно использовать все ресурсы бензиновых фракций, имеющихся на заводе.

Основными показателями, определяющими компонентный состав товарных бензинов, являются требования по детонацион-



Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Промоторы воспламенения	Дизельные топлива	0,1...1	Алкилнитраты, Пероксиды	Повышают цетановое число топлив за счёт снижения температуры
<b>Модификаторы горения:</b>  Антинагарные	Этилированные бензины	0,01...0,05 зависит от содержания ТЭС в бензине	Эфиры фосфорной кислоты (трикрезилфосфат), алкиборные кислоты	Предотвращают образование нагара на деталях двигателя, вызванного отложением оксидов свинца на свечах и стенках камеры сгорания

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Антинагарные	Дизельные топлива	0,05...0,1	Термостойкие ПАВ в сочетании с катализаторами горения и модификаторами нагара	Препятствуют образованию нагара в камере сгорания, предотвращают закоксовывание поршневых колец
Антидымные	Дизельные топлива	0,05...0,2	Топливорастворимые соединения бария, железа и др. металлов	Ускоряют выгорание сажи на последних стадиях процесса горения топлива
Антисажевые	Дизельные топлива	0,001...0,05	Топливорастворимые соединения железа, меди, церия и др. металлов	Препятствуют забиванию сажевых фильтров, снижая температуру выгорания сажи до температуры ОГ

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Инициаторы горения	Бензины, дизельные топлива	0,001...0,01	ПАВ с добавками малых количеств беззольных промоторов горения: нитратов, пероксидов	Интенсифицируют процесс горения топлива
Катализаторы горения	Бензины, дизельные топлива	0,001...0,01	Композиции на основе топливоразветвляемых соединений металлов	Интенсифицируют процесс горения топлива
<b>Модификаторы коллоидно-химических свойств</b>  Коагулирующие	Реактивные и дизельные топлива	0,002...0,01	ПАВ: амиды, сложные эфиры высших жирных кислот и спиртов	Ускоряют коагуляцию мелкодисперсной фазы в крупные, легкоотделяющиеся частицы
<b>Модификаторы структуры Потока</b>  Противотурбулентные	Дизельные топлива	0,001...0,01	Линейные полимеры с высокой молекулярной массой	Снижают энергетические затраты на перекачку за счёт поддержания ламинарного режима течения

## Эксплуатационные материалы

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
<b>Модификаторы трения:</b>  Противоизносные	Бензины, дизельные топлива	0,01...0,1	Карбоновые кислоты, жирные амины,	Образуют на поверхности трения плёнку, защищающую от износа
Антифрикционные	Бензины, дизельные топлива	0,01...0,05	Соединения молибдена, ПАВ	Повышают механический КПД за счёт снижения потерь на трение
Прирабочные	Дизельные топлива	0,05...0,2	Соединения алюминия, хрома и др. металлов, продукты сгорания которых обладают абразивным и полирующим действием	Ускоряют обкатку двигателей и топливной аппаратуры
<b>Стабилизаторы</b>  Антиоксиданты	Все виды топлив	0,005...0,05	Экранированные фенолы, N-диалкилпарафенилдиамины	Ингибируют радикально-цепное окисление углеводородов топлив

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Деактиваторы металлов	Все виды топлив	0,001...0,01	Салицилиденалкилендиамин	Ингибируют действие металлов – катализаторов окисления
Стабилизаторы комплексного типа	Дизельные топлива	0,01...0,05	Композиции антиоксидантов, деактиваторов металлов, нейтрализующих агентов и диспергаторов	Предотвращают смоло- и осадкообразование в результате окисления и процессов уплотнения
Биоциды	Все виды топлив	0,0001...0,005	Целлозольвы, соединения никеля, меди и др. металлов, гетероциклические соединения	Предотвращают биокоррозию топливных баков и загрязнение топлив продуктами жизнедеятельности микроорганизмов



Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Кислородопоглощающие	Реактивные и дизельные топлива	0,01...0,05	Гидразин	Реагируют с кислородом, растворённым в топливе, образуя неактивные соединения
Газовытесняющие	Реактивные и дизельные топлива	0,01...0,05	Бензофенон, гидрокарбонат аммония	Разлагаются с образованием большого количества нейтральных газов, вытесняющих кислород из топлива и газовой фазы

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Экранирующие	Реактивные и дизельные топлива	0,01...0,1		Взаимодействуют с кислородом, образуя сравнительно лёгкие, растворимые в топливе соединения
Диспергирующие	Реактивные и дизельные топлива	0,001...0,01	ПАВ: сульфонаты, алифатические амины, сукцинимиды	Диспергируют смолистые соединения, переводят в раствор выпавшие осадки и отложения
<b>Моющие</b> Очистители карбюраторов	Бензины	0,005...0,05	Аминоамиды на основе карбоновых кислот и полиалкиленполиаминов	Удаляют загрязнение с заслонки карбюратора

Тип присадки	Топливо	Концентрация, %	Пример активного компонента	Назначение
Очистители впускных клапанов	Бензины	0,05...0,1	Полибутенамины, полиэфирамины	Предотвращают образование отложений в карбюраторе и на поверхности впускных клапанов двигателей с впрыском
Очистители камеры сгорания	Бензины, дизельные топлива	0,05...0,1	Сукцинимиды	Удаляют нагар из камеры сгорания, снижая тем самым рост требований к октановому числу
<b>Присадки для эксплуатации топлив при низких температурах</b>  Депрессорные	Дизельные топлива, мазуты	0,01...0,1	Сополимеры олефинов с винилацетатом, полиакрилаты	Предотвращают рост кристаллов парафинов и образование пространственной структуры

## Эксплуатационные материалы

Диспергаторы парафинов	Дизельные топлива	0,01...0,1	Азотосодержащие ПАВ различного строения	Диспергируют парафины, предотвращая их кристаллизацию
Противоводокристаллизующие	Все виды топлив	0,5...2	Спирты, целлозольвы	Образуют низкотемпературные смеси с водой, растворённой в топливе
<b>Повышающие безопасность применения топлив</b>  Антистатические	Бензины	0,00005...0,0005	Композиции ПАВ с солями (например, хрома) высших карбоновых кислот	Снижают пожароопасность при работе с топливом за счёт уменьшения статической электризации

Эксплуатационные материалы

Противотуманные	Реактивные топлива	0,05...2	Полимеры (полипропилен, полиизобутилен)	Образуют в топливе трёхмерную структуру, препятствующую образованию пожароопасного тумана при авариях
Одоранты	Бензины, дизельные топлива	0,0001...0,001	Производные терпенов, эфирные масла	Придают топливам приятный запах
Отвращающие	Бензины, дизельные топлива	0,0001...0,001	Соединения с ярко выраженным неприятным запахом	Придают топливам неприятный запах с целью предотвращения использования не по назначению
Дезодоранты	Бензины, дизельные топлива	0,0001...0,001	Эфирные масла	Маскируют неприятный запах компонентов топлив

<p><b>Антикоррозионные</b></p> <p>Антиржавейные (защитные)</p>	<p>Все виды топлив</p>	<p>0,005...0,05</p>	<p>Производные алкенилянтарного ангидрида, амиды и комплексные соли сульфокислот</p>	<p>Уменьшают электрохимическую коррозию металлов на границе раздела фаз топливо-воздух, топливо-вода</p>
<p>Антикоррозионные</p>	<p>Все виды топлив</p>	<p>0,0005...0,005</p>	<p>ПАВ, препятствующие попаданию агрессивных продуктов на поверхности; вещества, нейтрализующие продукты сгорания сернистых соединений</p>	<p>Снижают химическую коррозию, вызванную агрессивными продуктами сгорания топлива или продуктами гидролиза компонентов топлив и присадок</p>

Эксплуатационные материалы

<p><b>Маркирующие</b></p>	<p>Бензины, дизельные топлива</p>	<p>0,0005... 0,001</p>	<p>Топливорастворимые пигменты типа фталоцианинов, азосоединений, производных антрахинона</p>	<p>Свидетельствуют о наличии в бензине свинца или о повышенном содержании серы в дизельных топливах</p>
---------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---	---

Их основные физико-химические и эксплуатационные показатели представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Физико-химические и эксплуатационные показатели бензинов**

Показатели	Значение для марок			
	Нормаль-80	Регулятор-91	Премиум-95	Супер-98

## Эксплуатационные материалы

Октановое число, не менее	76,0	82,5	85,0	88,0
по моторному методу	80,0	91,0	95,0	98,0
по исследовательскому	5,0	5,0	5,0	5,0
Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более	0,05	0,05	0,05	0,05
Массовая доля серы, %, не более	700...750	выдерживает		
Испытание на медной пластине		725...780	725...780	725...780
Плотность при 15 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>		чистый, прозрачный		
Внешний вид				

В зависимости от климатического района применения по ГОСТ 16350 автомобильные бензины подразделяют на пять классов:

- 1 – для района II<sub>9</sub> с 1 апреля по 1 октября;
  - 2 – для района II<sub>4</sub> и II<sub>5</sub> с 1 апреля по 1 октября;
  - 3 – для района I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> с 1 апреля по 1 октября и для района II<sub>9</sub> с 1 октября по 1 апреля;
  - 4 – для района II<sub>4</sub> и II<sub>5</sub> с 1 октября по 1 апреля;
  - 5 – для района I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> с 1 октября по 1 апреля.
- Характеристики испаряемости бензинов показаны в таблице 5.

Как правило все товарные бензины выпускают с запасом качества по основным показателям. Наименьший запас качества обычно бывает по детонационной стойкости. ОЧ товарных бензинов либо точно соответствует требованиям, либо превышает их на десятые доли октановой единицы.



Таблица 5  
**Испаряемость бензинов**

Показатели	Значение для класса				
	1	2	3	4	5
Фракционный состав:					
температура начала кипения, °С, не ниже	35	35	не нормируется		
пределы перегонки, °С, не выше					
10 %	75	70	65	60	55
50 %	120	115	110	105	100
90 %	190	185	180	170	160
конец кипения, °С, не выше	215				
остаток в колбе, % (по объёму)	2	2	2	2	2
остаток и потери, % (по объёму)	4	4	4	4	4

По фракционному составу товарные бензины имеют существенный запас качества, что позволяет использовать свежие бензины для исправления качества некондиционных бензинов по фракционному составу за счёт смешения.

По содержанию фактических смол и кислотности свежие бензины имеют значительный запас качества.

Для эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях севера, на газоконденсатных месторождениях и районах к ним прилегающих, применяются бензины АГ, вырабатываемые прямой перегонкой газовых конденсатов (табл. 6).

Показатели бензинов АГ отличаются от показателей автомобильных бензинов по ГОСТ Р 51105-97 более лёгким фракционным составом 90 процентной фракции и конца кипения в связи с необходимостью обеспечить требования по детонационной стойкости и одновременно увеличить выход дизельного топлива с пониженным содержанием серы, кислот, смол.

### Дизельные топлива

Товарные дизельные топлива получают, как правило, путём прямой перегонки нефти. Для улучшения эксплуатационных свойств в топлива добавляют присадки.

По содержанию серы ДТ подразделяют на два вида: I - содержание серы не более 0,2 % (масс.), II - не более 0,5 % (масс.). По ГОСТ 305-82 ДТ предусмотрено трёх марок, различающихся низкотемпературными свойствами: летнее - Л, зимнее - З и арктическое - А (табл. 7).

Таблица 6

Физико-химические характеристики автомобильных бензи-

## НОВ ИЗ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ

Показатели	ТУ 51-106-83		ТУ 51-03-06-86	
	АГ-82	АГ-76	АГ летний	АГ зимний
Детонационная стойкость:				
Октановое число по моторному методу, не менее	72	76	76	76
Фракционный состав:				
температура начала кипения, °С, не ниже	–	–	35	не норм.
пределы перегонки, °С, не выше				
10 %	55	55	70	55
50 %	100	100	115	100
90 %	140	130	145	145
конец кипения, °С, не выше	150	150	170	150
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,0	1,0
остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислотность, мг КОН/100 мл, не более	1,0	1,0	3,0	3,0
Концентрация фактических смол, мг/100 мл, не более	3,0	3,0	5,0	5,0
Массовая доля серы, %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1
Испытание на медной пластине	выдерживает			
Водорастворимые кислоты и щёлочи	отсутствие			
Механические примеси и вода	отсутствие			
Плотность при 20°С	не нормируется			

В условное обозначение топлива марки Л входит массовая доля серы и температура вспышки (например, Л-0,2-40). Обозначение ДТ марки З состоит из знака зания массовой доли серы и температуры застывания (например, З-02 минус 35). В обозначение ДТ марки А входит только массовая доля серы (например, А-0,2).

Для удовлетворения потребности в ДТ в летний период времени стандартом предусмотрено разрешение на выработку топлива в период с 1.04 по 1.09 с температурой застывания не выше 0 С без нормирования температуры помутнения:

- топливо утяжелённого фракционного состава (УФС) ТУ-38.001.355-86, конец кипения 380-390 С, температура выкипания 90 % фракции не выше 360 С, 50 % - не выше 290...300° С, вязкость при 20° С не более 8 мм /с.

Таблица 7

**Показатели качества дизельных топлив по ГОСТ 305-82**

Показатели	Нормы для марок		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Температура перегонки, °С: не выше			
50 %	280	280	255
96 % (конец перегонки)	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с (сСТ)	3...6	1,8...5	1,5...4
Температура застывания, °С: не выше			
для умеренной климатической зоны	-10	-35	–
для холодной зоны	–	-45	-55
Температура помутнения, °С: не выше			
для умеренной климатической зоны	-5	-25	–
для холодной зоны	–	-35	–
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более			
в топливе подгруппы I	0,2	0,2	0,2
в топливе подгруппы II	0,5	0,5	0,5
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание сероводорода	отсутствие		
Испытание на медной пластине	выдерживает		
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие		
Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> , не более	5	5	5
Коксуемость 10 % остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Содержание механических примесей и воды	отсутствие		
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, не более	860	840	830

- топливо расширенного фракционного состава (РФС) ТУ 38.401.652-87, выкипает в пределах 60...400<sup>0</sup> С, ЦЧ - 40 ед.

Для улучшения экологической обстановки с 1991 г. организован выпуск экологически чистого ДТ по ТУ 38.1011348-90, отличающегося низким содержанием серы: не более 0,05 % - ДТ I вида и не более 0,1 % - ДТ II вида. Оно предназначено для применения в крупных городах, курортных зонах и в др. местах с ограниченным воздухообменом. Летнее топливо выпускается двух марок, применяемых до температуры окружающего воздуха до - 5<sup>0</sup> С:

- ДЛЭЧ-В с ограничением содержания ароматических углеводородов не более 20 %, двух видов I и II;

- ДЛЭЧ с ограничением содержания ароматических углеводородов не более 10 %.

Кроме того, выпускают одну марку зимнего топлива ДЗЭЧ.

Эксплуатационные материалы

По ТУ 38.401-58-170-96 выпускают ДТ с улучшенными экологическими показателями: ДЭК-Л; ДЭК-З; ДЭК<sub>п</sub>-Л; ДЭК<sub>п</sub>-З (-15<sup>0</sup> С); ДЭК<sub>п</sub>-З (-20<sup>0</sup> С). Эти топлива отличаются от экологически чистого в основном наличием присадок: летом – антидымной, зимой – антидымной и депрессорной. Дымность и токсичность отработавших газов снижены на 30...50 %.

Для использования в районах Крайнего Севера и Арктики вырабатывается арктическое экологически чистое ДТ ТУ 38.4015.845-92, температура застывания – 55<sup>0</sup> С.

Зимнее ДТ с депрессорной присадкой марки ДЗ<sub>п</sub> по ТУ 38.101889-81 применяют при температуре окружающего воздуха –15<sup>0</sup> С и выше. Изготавливают его на основе летних ДТ с температурой помутнения –5<sup>0</sup> С, добавляя депрессорную присадку, снижающую предельную температуру фильтруемости до –15<sup>0</sup> С и температуру застывания.

ДТ с депрессорной присадкой марки ДЗ<sub>п</sub>-15/-25 ТУ 38.401-58-36-92 рекомендовано для применения при –25<sup>0</sup> С и выше. Базовое топливо имеет температуру помутнения –15<sup>0</sup> С.

ДТ получают компаудированием гидроочищенных и прямогонных дизельных фракций в соотношениях, обеспечивающих требования нормативных документов по содержанию серы. В качестве сырья гидроочистки используют прямогонные и вторичные дистиллятные фракции. Разрешается использование присадок различного функционального назначения.

В районах газовых месторождений к применению допущено широкофракционное летнее, зимнее и арктическое дизельное топливо. Это топливо имеет следующие преимущества перед дизельными топливами по ГОСТ 305-82:

- лучше теплообмен и испаряемость в области низких температур;
- сравнительно равные периоды задержки воспламеняемости;
- большая скорость и меньшая длительность горения;
- меньшая дымность отработавших газов;
- меньшие индикаторные и эффективные расходы топлива;
- пониженный износ деталей цилиндро-поршневой группы.

Газоконденсатное арктическое топливо и фракция газоконденсатного дизельного топлива очень близки по качеству к реактивному топливу Т-2.

К недостаткам конденсатов следует отнести низкую температуру начала кипения, вследствие чего возникает парообразование и затруднённый запуск горячего двигателя.

## Эксплуатационные материалы

В таблице 8 представлены основные показатели качества дизельных топлив, вырабатываемых из газовых конденсатов.

Таблица 8

**Показатели качества дизельных топлив из газовых конденсатов**

Показатели	Нормы для марок			
	ТУ 51-274-86 ФГД	ТУ51-125-86 ГШЛ	ТУ51-28-86 ГШЗ	ТУ51-03-16-89 ГША
Цетановое число, не менее	35	42	40	40
Температура перегонки, °С, не менее				
начало кипения	110	90	–	–
10 %	–	120	120	120
50 %	250	260	260	260
96 %	330	360	340	340
Вязкость кинематическая при 20 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с, не менее	1,2	2,0	1,45	1,45
Температура застывания, °С, не выше:				
умеренный климат	–	- 15	- 35	–
холодный климат	- 55	–	- 45	- 55
Температура помутнения, °С, не выше:				
умеренный климат	–	- 5	- 25	–
холодный климат	–	–	- 35	–
Массовая доля серы, %, не более	0,2	0,2	0,2	0,2
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	–	0,01	0,01	0,01
Содержание сероводородов	–	отсутствие		
Испытание на медной пластине		выдерживает		
Наличие водорастворимых кислот и щелочей		отсутствие		
Содержание воды и механических примесей		отсутствие		
Содержание фактических смол, мг/100 мл, не более	30	40	30	30
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01
Кэффициент фильтруемости, не более	–	3	3	3
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	30	15	12	15
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, не более	840	860	840	840

Для снижения температуры дизельных топлив в условиях эксплуатации допускается как исключение добавление керосина. С этой целью используют низкотемпературные сорта керосина (типа реактивного топлива). При сильном разбавлении дизельного топлива керосином снижается цетановое число, что приводит к жёсткой работе двигателя и резко ухудшаются смазочные свойства, в связи с чем повышается износ плунжерных пар. При тем-

пературе воздуха – 20...-30<sup>0</sup> С смесь состоит из 90 % дизельного топлива и 10 % керосина, а при температуре –30...- 35<sup>0</sup> С – из 75 % дизельного топлива и 25 % керосина. Обычный осветительный керосин непригоден для данной цели, так как имеет плохие низкотемпературные свойства. Температура помутнения осветительного керосина – 12...– 15<sup>0</sup> С.

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*; под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометиоиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи*. – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев*. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко*. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

8. *Данилов А.М.* Применение присадок в топливах для автомобилей. Справ. изд. – М.: Химия, 2000 – 232 с.

## СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА

### Классификация смазочных масел

Прежде, чем перейти к изучению смазочных масел, необходимо напомнить, что существуют *трение покоя* и *трение движения*. Последнее подразделяется на *трение скольжения* и *трение качения*. Каждый вид трения может осуществляться без смазки (*сухое трение*) и со смазкой. В зависимости от толщины слоя смазки различают *граничное трение* и *жидкостное* или *гидродинамическое*. Наиболее неблагоприятным является граничный режим трения. Вид жидкостного трения зависит от скорости перемещения контактируемых деталей, толщины зазора или слоя смазочного материала и нагрузки.

Любое смазочное масло представляет собой масляную основу – базовое масло, в которую вводят присадки разного функционального назначения. Существуют два признака классификации смазочных масел:

- по происхождению (способу получения) масляной основы:
  - нефтяные или минеральные;
  - синтетические;
  - смешанные (в составе в разных соотношениях имеются нефтяные и синтетические компоненты);
- по назначению (способу применения) товарного масла:
  - моторные;
  - газотурбинные (реактивные);
  - трансмиссионные;
  - индустриальные;
  - другого назначения.

Моторные масла предназначены для поршневых двигателей внутреннего сгорания, газотурбинные – для двигателей внешнего сгорания, трансмиссионные – для цилиндрических, конических, спирально-конических, гипоидных передач, зубчатых редукторов и других трущихся соединений (шарниры и т.д.). Трансмиссионные в свою очередь подразделяют на механические, гидромеханические, гидростатические. Индустриальные масла используют для станков, направляющих скольжения, промышленных редукторов и т.д. Масла другого назначения – это специальные масла, например, компрессорные, холодильные и т.д.

Независимо от области применения все масла выполняют следующие основные функции:

- 1) уменьшают трение между сопряжёнными деталями;
- 2) снижают их износ и предотвращают задир;

- 3) отводят от них тепло;
- 4) защищают трущиеся детали и другие неизолированные детали от коррозионного воздействия внешней среды.

### **Требования к эксплуатационным свойствам смазочных масел**

С учётом выполняемых функций требования к маслу определяется его назначением, особенностями его применения и условиями работы машины и механизма. Масло должно обладать:

1. Оптимальными вязкостно-температурными свойствами для облегчения запуска механизма при низких температурах, для снижения износа деталей и уменьшения потерь на трение.

2. Хорошими смазывающими свойствами для обеспечения надёжной смазки на всех режимах работы.

3. Достаточной антиокислительной стойкостью, препятствующей изменению химического состава масла в процессе работы.

4. Хорошими моющими свойствами с целью снижения склонности к образованию отложений.

5. Высокими противокоррозионными свойствами по отношению к конструкционным материалам.

6. Удовлетворительными защитными свойствами для предохранения металлов от атмосферной коррозии.

Кроме того, масло должно: обладать низкой испаряемостью, малой пенообразующей способностью; не оказывать отрицательное воздействие на уплотнительные материалы; быть нетоксичным; не подвергаться биоповреждениям; не изменять своих свойств при хранении и транспортировке; легко транспортироваться и перекачиваться.

Из перечисленных свойств общими для всех групп масел являются смазочные, вязкостно-температурные, антиокислительные. В то же время другие, например, моющие, противопенные, характерны для масел определённого назначения. Ряд свойств являются основными только в определённых условиях применения, например, биостойкость важна при использовании масел во влажной атмосфере тропического климата.

### **Состав смазочных масел**

Нефтяные или минеральные масла заменили в своё время масла растительного и животного происхождения, благодаря работам Петрова Н.П. Синтетические масла используют в специфици-



ческих, экстремальных условиях эксплуатации, где одновременно существуют повышенные требования к низко и высокотемпературным свойствам. Синтетические масла обладают хорошей способностью сохранять подвижность (без потери текучести) при низких отрицательных температурах (-35...-40° С и ниже) и выдерживать без заметного разложения и испарения высокие температуры. В качестве синтетических базовых масел используют полиолефины, диэфиры, полиолы и диалкил бензолы.

Кроме того, как вы уже знаете, применяют полусинтетические или точнее смешанные масла, представляющие собой смесь нефтяного и синтетического компонентов.

Для придания маслу требуемого уровня качества в них вводят присадки разного функционального назначения. В качестве присадок используют органические соединения с разными функциональными группами. Присадки делят на беззольные, не содержащие в своём составе металла, и зольные, в состав которых входит металл. Как правило, смазочное масло содержит две и более присадок разных типов. Многие присадки являются многофункциональными, т.е. обладают одновременно несколькими свойствами. Отечественные товарные присадки можно условно объединить в группы по преимущественному назначению:

- антифрикционные;
- противоизносные и противозадирные;
- вязкостные,
- противокоррозионные и защитные;
- антиокислительные;
- моющедиспергирующие;
- депрессорные;
- антипенные.

В качестве антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок к смазочным маслам используют в основном соединения, в состав которых входят такие активные элементы как сера, хлор и фосфор. Среди серосодержащих присадок широкое распространение получили сульфиды, дисульфиды и их производные. К числу таких присадок относятся присадки **ОТП** (осернённые тетрамеры пропилена), **АБС-2** (алкилбензил дисульфид).

Наиболее распространённой фосфорсодержащей присадкой является **ТКФ** (трикрезилфосфат).

К числу хлорсодержащих присадок относится **СОВОЛ** – смесь пента- и тетрахлориддифенила.

Вместе с тем используют противоизносные и противозадир-

ные присадки, в состав которых входят несколько активных элементов: **ЛЗ-309/2**, **Хлорэф-40** и др.

В качестве загущающих (вязкостных) присадок применяют полиизобутилен, полиметакрилат, винипол.

Самой распространённой противокоррозионной присадкой является бензотриазол. К числу ингибиторов коррозии анодного действия относятся присадки **КСК**, **сулин** и др., катодного - **БМП-А**, **СИМ** и др., экранирующего - **КАП-25**, **эферы** и др.

К беззольным антиокислительным присадкам относятся соединения фенольного и аминного типов: фенольные - **НГ-2246**, аминные - **дифениламин**.

В качестве зольных антиокислительных присадок используют дитиофосфаты различных металлов: **ДФ-11**, **ВНИИ НП-354**, **МНИ ИП-22к**, **ИНХП-21** и др.

Моющедиспергирующие присадки можно условно разделить на моющие и диспергирующие. К моющим относят **сульфонаты**, **феноляты**, **салицилаты** различных металлов, например, сульфонаты кальция **ПМС**.

Присадки алкилфенольного типа - это **ЦИАТИМ-339** - дисульфидалкилфенолят бария, **БФКу** и **ВНИИ НП-360**.

Из алкилсалицилатных присадок распространёнными являются **АСК** (алкилсалицилат кальция), **АСБ** (алкилсалицилат бария) и **МАСК** (многозольный алкилсалицилат кальция).

К диспергирующим присадкам относят сущимиды: **С-5А** (амидопроизводные янтарной кислоты).

Наиболее распространёнными депрессорными присадками, снижающими температуру застывания масел, являются **АЗНИИ-ЦИАТИМ-1** и **ПМА «Д»**, а противопенной **ПМС-200А**.

Отнесение отдельных присадок к той или иной группе по функциональным свойствам, как уже отмечалось, условно из-за их полифункциональности. Например, присадка **ДФ-11** обладает не только антиокислительным действием, но и проявляет противоизносные и противозадирные свойства. Присадка **МНИ ИП-22к**, кроме указанных свойств (антиокислительная), обладает моющими свойствами.

В настоящее время создают композиции присадок сочетающих оптимальные соотношения функций. Например, комбинированные ингибиторы коррозии **ИНГА-2**, **НГ-107М**.

*Эффективность действия присадок зависит так же от химического состава базового масла. Одни и те же присадки в одних базовых маслах проявляют большую эффективность, чем в других.*

## Моторное масло

### Система смазки

К числу наиболее важных смазываемых узлов и деталей двигателей относятся КШМ, ГРМ, цилиндропоршневая группа.

Основными элементами системы смазки ДВС являются: ёмкость для хранения масла (поддон картера), масляная магистраль, масляный насос, масляные фильтры. В современных ДВС автомобилей и тракторов системы смазки комбинированные: детали смазываются принудительно (под давлением), разбрызгиванием и самотёком.

Масло под давлением подаётся к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала, подшипникам кулачкового вала ГРМ, а разбрызгиванием смазываются зеркала цилиндров, поршни и т.д.

### Требования к качеству масел

Требования, предъявляемые к качеству масел, определяются спецификой рабочего процесса и конструкцией двигателя. Считается, что условия работы в поршневых двигателях наиболее тяжёлые по сравнению с другими двигателями. Это объясняется температурным режимом работы масла в ДВС. Например, в камере сгорания температура достигает  $2500^{\circ}\text{C}$ . Температура газов, прорывающихся в картер на такте сжатия в бензиновом двигателе  $150...450^{\circ}\text{C}$ , в дизеле –  $500...700^{\circ}\text{C}$ .

Для современных двигателей температура первой поршневой канавки достигает  $270...280^{\circ}\text{C}$ , а при наддуве –  $300...350^{\circ}\text{C}$ , рабочая температура масла в картере находится пределах  $50...100^{\circ}\text{C}$ .

Дополнительные требования к качеству масел объясняются тем, что двигатели эксплуатируются в широких пределах изменения температуры окружающего воздуха, например, в нашей климатической зоне от  $+30...35$  и даже  $40^{\circ}\text{C}$  летом до  $-30...35$  и даже  $40^{\circ}\text{C}$ . На Севере этот разброс температур ещё шире. Исходя из этого, рабочий диапазон моторного масла по температуре очень широк – от температуры окружающего воздуха до рабочей температуры масла.

Кроме общих требований к моторным маслам предъявляются и дополнительные. Например, уплотнять зазор в сопряжённых деталях и прежде всего в цилиндропоршневой группе, обладать нейтрализующими свойствами.

Многие функции и требования, предъявляемые к моторным

## Эксплуатационные материалы

маслам, взаимосвязаны. Например, отвод тепла от деталей и уплотнение зазоров в их сопряжении. При плохом уплотнении газы прорываются в картер, нарушая сплошность масляной плёнки, что приводит к перегреву деталей цилиндропоршневой группы.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие требования к моторному маслу, оно должно:

1. иметь вязкость, обеспечивающую надёжную смазку двигателя при всех рабочих температурах с наименьшими потерями на трение;

2. обладать низкотемпературными свойствами для облегчения пуска двигателя в зимнее время;

3. иметь хорошие моющие и диспергирующие свойства для необходимой чистоты цилиндро-поршневой группы и других деталей;

4. обладать высокими противоокислительными свойствами для торможения процессов окисления масла в двигателе и уменьшения накопления продуктов окисления в масле, составляющих основу для нагара и отложений;

5. защищать от коррозии подшипники из цветных металлов и от ржавления остальные детали;

6. уменьшать износ деталей;

7. препятствовать прорыву газов из камеры сгорания в картер путём заполнения зазоров между поршневыми кольцами и зеркалом цилиндра. При пуске это улучшает компрессию, при работе уменьшает попадание продуктов сгорания;

8. не содержать токсичных компонентов;

### Эксплуатационные свойства

**Смазочные и противокоррозионные.** В процессе работы ДВС происходит изменение размеров и формы трущихся деталей: цилиндр-поршень, вал-подшипник, кулачок-толкатель и др. Для цилиндро-поршневой группы характерны, например, адгезионный и абразивный износы. При этом последний может возникать из-за твёрдых частичек нагара, попадающих между гильзой и поршнем из камеры сгорания. Для пары вал-подшипник характерны коррозионный и адгезионный виды износа. Для пары кулачок-толкатель – питтинг, возникающий из-за высоких ударных нагрузок.

Увеличение износа более вероятно при переходе от гидродинамического к граничному трению. Такой переход возможен в результате повышения температуры, удельных нагрузок и скоро-

сти скольжения в зоне трения контактируемых деталей. Удельное давление в зоне компрессионных колец составляет 0,15...0,30 МПа, маслосъёмных колец – 0,5...1,3 МПа, в подшипниках коленчатого вала – 20...30 МПа при скорости скольжения до 15 м/с. Наибольшие нагрузки (ударные) испытывает пара кулачок-толкатель, где давление достигает 500...700 МПа, а в отдельных случаях 2100 МПа.

Уменьшение скорости скольжения трения также способствует реализации граничного режима. Например, гидродинамический режим смазки возможен в паре кольцо-гильза в средней части поршня. Вблизи мёртвых точек, когда движение поршня замедлено также появляется граничный режим трения. Как правило, максимальный износ гильзы цилиндра наблюдается в месте остановки 1<sup>ого</sup> компрессионного кольца.

Подшипники коленчатого вала работают преимущественно в режиме гидродинамической смазки. Граничный режим возникает лишь в момент пуска или при перегрузках.

На интенсивность изнашивания кроме конструктивных особенностей влияет эксплуатация, в частности сорт применяемого масла и топлива. Например, повышенное содержание серы в топливе ускоряет износ цилиндро-поршневой группы. Резко увеличивается износ деталей двигателя при использовании спиртовых альтернативных топлив и особенно метанола, как в чистом виде, так и в смеси с бензином.

На пусковые износы большое влияние оказывает температура: чем она выше, тем меньше износ, так как создаются благоприятные возможности для лучшего поступления масла к трущимся деталям.

Износ увеличивается и за счёт повышения химической активности масла, что видно на паре вал-подшипник. Вкладыш изготавливается из сплавов цветных металлов менее стойких к химической повреждаемости, чем вал. Отсюда потери массы вкладышей из-за химического и коррозионно-химического износа.

Для подавления коррозионных процессов в двигателе используют следующие пути:

- нейтрализацию кислых продуктов в работавшем масле;
- замедление процессов окисления масла;
- создание на металле защитной плёнки.

По первому пути применяют высокощелочные присадки, нейтрализующие кислые продукты. При этом в отработавшем полностью срок службы масле ещё остаётся некоторый запас щелочных свойств.

По второму пути применяют в маслах присадки, замедляющие окисление масла, разрушающие гидроперекиси и превращающие активные радикалы в неактивное состояние.

По третьему пути в масло вводят присадки, образующие прочные защитные плёнки на поверхности подшипников. При этом необходимо учитывать, что чрезмерный запас моющих свойств у масла при повышенных температурах может привести к разрушению противокоррозионных плёнок на металле и вызвать повышенную коррозию подшипников.

Уменьшение износа и повышение надёжности работы двигателя достигается конструктивными мерами. Например, хромирование или покрытие молибденом поршневых колец, изменение числа колец и их формы, использование вставок в гильзе из жаропрочного твёрдого материала, изменение конструкции поршня и т.д.

Однако изменением состава масла можно так же добиться уменьшения износа сопряжённых деталей. Для этого к маслу добавляют противоизносные противозадирные присадки. Действие противоизносных присадок заключается в следующем:

- в адсорбции присадок на поверхности металла и создании граничных плёнок;
- в химическом взаимодействии присадок с металлом в зонах контакта и создании прочных сульфидных и фосфидных плёнок;
- в сглаживании и полировке микровыступов трущихся поверхностей, приводящем к снижению удельных нагрузок и уменьшению износов.

Тип присадки и её концентрация подбирается с учётом максимального эффекта без нежелательных последствий: снижение антиокислительных, моющих и др. свойств.

Например, снижение износа, вызываемого продуктами неполного сгорания топлива, возможно за счёт увеличения щёлочности масла и повышения таким образом его нейтрализующей активности.

Однако излишняя щёлочность может быть причиной повышения химической активности системы. Кроме того, высокая щёлочность повышает зольность масла, активизирующей абразивный износ.

Большое внимание уделяется антифрикционным свойствам масел. Улучшение антифрикционных свойств позволяет снизить потери мощности на трение и в результате уменьшить расход топлива.

Снижение трения достигается как конструктивными мерами, так и улучшение антифрикционных свойств масла. При этом либо регулируют вязкость масла (уменьшение внутреннего трения), либо используют антифрикционные присадки (уменьшение внешнего трения). Используют и комбинированный способ.

За счёт регулирования вязкостных свойств, при замене нефтяных масел на загущенные и синтетические можно в среднем снизить расход топлива на 8...10 %, а при применении модификаторов трения – на 3...5 %.

**Вязкостно-температурные свойства.** Вязкость (внутреннее трение) – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному перемещению слоёв.

Величина вязкости выражается в единицах кинематической вязкости сСт (мм<sup>2</sup>/с) или динамической вязкости сПз (Па\*с). Перевод одних единиц в другие осуществляется по формуле:

$$\nu = \frac{\eta}{d},$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость;

$\eta$  – динамическая вязкость;

$d$  – плотность масла.

С повышением давления между трущимися деталями вязкость масла возрастает. С понижением температуры вязкость масла возрастает вплоть до потери текучести.

Для характеристики вязкостных свойств масла иногда используют индекс вязкости (ИВ), характеризующий степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры.

Для определения ИВ необходимо знать вязкость масла при 50 °С и 100 °С.

Требования к вязкостно-температурным свойствам моторных масел противоречивы. С одной стороны, для обеспечения надёжного запуска двигателя при низких температурах масло должно иметь невысокую вязкость, т.е. обладать высокой подвижностью. Это позволяет добиться хороших пусковых свойств и прокачиваемости, обеспечить надёжную смазку трущихся деталей в момент пуска. С другой стороны, при высоких рабочих температурах масла, характерных для установившихся режимов работы двигателя, необходима высокая вязкость масла для предотвращения перехода к граничному режиму смазки и повышению износа.

Для осуществления надёжности пуска требования к вязкостно-температурным свойствам масел регламентированы стандартом, в соответствии с которым вязкость масел для бензиновых двигателей должна быть при 100 °С не менее 6 мм<sup>2</sup>/с (кине-

матическая), а при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более  $170\text{ Па}\cdot\text{с}$  (динамическая). Масла для дизелей при этих же условиях должно иметь вязкость не менее  $8\text{ мм}^2/\text{с}$  и не более  $220\text{ Па}\cdot\text{с}$  соответственно. Чем меньше вязкость при отрицательной температуре, тем при более низкой температуре можно достичь требуемого минимального числа оборотов коленчатого вала и при более низкой температуре запустить двигатель.

Всесезонные масла получают путём загущения маловязкой минеральной основы полимерной присадкой. Масла, полученные с использованием синтетических продуктов, превосходят по вязкостно-температурным свойствам загущенные масла:

При одной и той же вязкости при положительных температурах они обладают меньшей вязкостью при отрицательных температурах.

Использование масел, имеющих высокую вязкость при рабочих температурах, необходимо для снижения износа деталей двигателя. С другой стороны с увеличением вязкости масла повышаются потери мощности на трение, следовательно, и увеличивается расход топлива. Таким образом, выбор вязкости масла должен учитывать условия применения и особенности конструкции двигателя.

**Защитные свойства.** Качество моторного масла и надёжность работы двигателя резко снижаются при наличии в масле воды, которая может попадать в масло при хранении и в период эксплуатации. Присутствие в масле  $1...2\%$  воды в 5 раз повышает износ цилиндро-поршневой группы и в  $1,4...1,6$  раз износ вкладышей. Кроме того, попадание воды в масло усиливает пенообразование, снижает щелочное число, приводит к выпадению из масла присадок.

Особую опасность представляет собой попадание водяных паров и конденсация влаги в двигателе, находящемся на длительном хранении. В этот период интенсивно развиваются процессы электрохимической коррозии, при которой протекают два сопряжённых процесса: анодный – переход металла в раствор в виде ионов с оставлением эквивалентного количества электронов в металле и катодный – ассимиляция появившихся в металле избыточных электронов каким-либо деполяризатором (кислородом, продуктами окисления масла). При последующей эксплуатации таких двигателей увеличивается износ их деталей. Так, износ на  $1000\text{ км}$  пробега для автомобилей длительного хранения во влажной атмосфере по сравнению с автомобилями непрерывной эксплуатации оказывается больше по цилиндрам в  $1,5...2$  раза, по



поршням в 1,5 раза и по шейкам коленчатого вала на 10...15 %.

Для защиты двигателей от «ржавления» в процессе хранения в моторные масла вводят ингибиторы коррозии. В зависимости от типа используемого ингибитора и его концентрации получают консервационные, консервационно-рабочие и рабочие-консервационные масла. Введение в моторное масло ингибиторов коррозии не только снижает «ржавление», но и в ряде случаев позволяет уменьшить износ деталей в процессе работы.

**Антиокислительные и моющие свойства.** Для облегчения нормальной и безотказной работы двигателей необходимо, чтобы моторное масло обладало высокими антиокислительными и моющими свойствами. Иначе в процессе эксплуатации двигателя происходит образование повышенного количества углеродистых отложений, отрицательно сказывающихся на технических характеристиках двигателя.

Углеродистые отложения, образующиеся в двигателе, подразделяют на нагары (высокотемпературные отложения), лаки (среднетемпературные отложения) и осадки (низкотемпературные отложения).

Нагары получаются вследствие термического разложения масла, окисления и полимеризации продуктов его разложения, а также за счёт несгоревшего топлива. Нагары откладываются преимущественно на стенках камеры сгорания, днище поршня, верхнем пояске боковой поверхности поршня.

Лаковые отложения, как правило, образуются в канавках поршневых колец, на гильзах цилиндров и на боковой поверхности поршня.

Осадки откладываются в картере и клапанной коробке, в маслосистеме и на фильтрах. Их образование обусловлено прорывом газов из камеры сгорания, попаданием воды в масло и др. причинами. Осадки представляют собой большую опасность, так как они могут забивать маслопроводы и фильтры. Это приводит к нарушению нормальной подачи масла к узлам трения и приводит к выходу их из строя.

Несмотря на общие черты, характер образования отложений различен в зависимости от условий работы двигателя и особенностей его конструкции. Например, в дизеле большую долю составляют высокотемпературные, а в бензиновом двигателе - низкотемпературные отложения.

Для снижения склонности моторных масел к образованию отложений повышают уровень их качества за счёт улучшения антиокислительных и моющих свойств.

Повышение антиокислительных свойств добиваются подбором масляной основы, в меньшей степени склонной к окислению или введением антиокислительных присадок. Одновременно с этим к маслу добавляют моющие присадки. Они, с одной стороны, могут повлиять на процесс окисления, а с другой стороны, препятствуют отложению углеродистых образований на детали двигателя. В масло для бензиновых двигателей помимо зольных моющих присадок вводят и беззольные диспергирующие присадки для борьбы с образованием низкотемпературных отложений.

**Противопенные свойства.** При работе масла в двигателе создаются благоприятные условия для образования пены. Этому способствует перемешивание масла с воздухом вследствие вращающихся деталей КШМ, наличие в масле следов воды и ряда стабилизирующих пену веществ: продуктов окисления масла.

Обильное пенообразование нарушает нормальные условия режима смазки.

Для устранения пенообразования в масло вводят противопенные присадки.

Действие противопенных присадок заключается в том, что, являясь соединениями относительно плохо растворяющимися в маслах, они находятся в основном на поверхностях раздела фазы воздух-масло. В результате этого скорость разрушения пены становится больше, чем скорость её образования.

Образование на границе воздух-масло барьера из молекул присадки создаёт определённые трудности для прохождения кислорода вглубь масла. Предполагают, что это свойство противопенных присадок повышает стойкость масла к окислению.

Пенообразование уменьшается с повышением температуры масла, так как при этом вязкость масла снижается и стойкость пены падает.

Попадание воды в масло приводит к увеличению пенообразования: из масла капельки воды начинают испаряться, приводя к зарождению отдельных газовых пузырьков, а затем и пены.

Замечено, что наиболее часто пенообразование наблюдается в двигателях с «сухим» картером, чем в двигателях с «мокрым» картером.

### Классификация до 1974 года

Назначение:

А – карбюраторные двигатели.

Д – автотракторные и судовые дизели.

МТ – транспортные дизели.

## Эксплуатационные материалы

М – поршневые авиационные двигатели.

Особенности технологии:

К – кислотная очистка.

С – селективная очистка.

П – масло с присадками.

З – загущенное масло.

Цифры - значение вязкости в мм<sup>2</sup>/с при 100 °С.

Например, АС-8; АСЗп-6; МС-20 и т.д.

В соответствии с **ГОСТ 17479.1-85 «Обозначение нефтепродуктов. Масла моторные»** моторные масла подразделяют на классы по вязкости и группы по области применения.

Обозначение состоит из групп знаков: первая группа – буква **М** (моторное) не зависит от состава и свойств масел; вторая группа – цифры, характеризующие класс кинематической вязкости; третья группа – прописные буквы с индексами, обозначают принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам.

В таблице 9 представлены классы кинематической вязкости моторных масел. Дробные классы указывают, что по вязкости при температуре –18<sup>0</sup> С масло соответствует классу, указанному в числителе, по вязкости при 100<sup>0</sup> С – классу, указанному в знаменателе.

Таблица 9

Класс вязкости моторных масел, мм<sup>2</sup>/с (сСт)

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре	
	100 <sup>0</sup> С	- 18 <sup>0</sup> С
3 <sub>з</sub>	Не менее 3,8	1250
4 <sub>з</sub>	Не менее 4,1	2600
5 <sub>з</sub>	Не менее 5,6	6000
6 <sub>з</sub>	Не менее 5,6	10400
6	5,6...7,0	–
8	7,0...9,5	–
10	9,5...11,5	–
12	11,5...13,0	–
14	13,0...15,0	–
16	15,0...18,0	–
20	18,0...23,0	–
3 <sub>з</sub> /8	7,0...9,5	1250
4 <sub>з</sub> /6	5,0...7,0	2600
4 <sub>з</sub> /8	7,0...9,5	2600
4 <sub>з</sub> /10	9,5...11,5	2600
5 <sub>з</sub> /10	9,5...11,5	6000
5 <sub>з</sub> /12	11,5...13,0	6000
5 <sub>з</sub> /14	13,0...15,0	6000
6 <sub>з</sub> /10	9,5...11,5	10400
6 <sub>з</sub> /14	13,0...15,0	10400
6 <sub>з</sub> /16	15,0...18,0	10400

## Эксплуатационные материалы

В зависимости от области применения моторные масла делят на группы **А, Б, В, Г, Д, Е** (табл. 10). При этом индекс **1** присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс **2** – для дизелей. Универсальные масла, предназначенные для дизелей и бензиновых двигателей одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе – в бензиновых двигателях.

Примеры обозначения.

М-8-В<sub>1</sub>

моторное масло, восьмого класса вязкости для среднефорсированных бензиновых двигателей;

М-4<sub>з</sub>/8-В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub>

моторное масло, 4/8 класса вязкости, для среднефорсированных дизелей и высокофорсированных бензиновых двигателей.

Таблица 10

Группы моторных масел по эксплуатационным свойствам

<i><b>Группа масел по эксплуатационным свойствам</b></i>		<i><b>Рекомендуемая область применения</b></i>
<b>А</b>		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
<b>Б</b>	<b>Б<sub>1</sub></b>	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	<b>Б<sub>2</sub></b>	Малофорсированные дизели
<b>В</b>	<b>В<sub>1</sub></b>	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
	<b>В<sub>2</sub></b>	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенное требование к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений.

## Эксплуатационные материалы

<b><i>Г</i></b>	<b>Г<sub>1</sub></b>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжёлых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению.
	<b>Г<sub>2</sub></b>	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений.
<b><i>Д</i></b>		Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжёлых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений.
<b><i>Е</i></b>		Лубрикаторные системы смазки цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы.

В международной практике принято обозначение моторных масел соответствующее национальным спецификациям. Наибольшее распространение получило обозначение по SAE – американское общество инженеров-автомобилистов, и API – американский институт нефти. Классификация по SAE (табл. 11) – это классификация по вязкости, по API (табл. 12) – по области применения.

Таблица 11

**Классификация моторных масел по SAE**

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100° С, мм <sup>2</sup> /с	
	Min	Max
0W	3,8	–
5W	3,8	–
10W	4,1	–
15W	5,6	–
20W	5,6	–
25W	9,3	–
20	5,6	< 9,3
30	9,3	< 12,5
40	12,5	< 16,3
50	16,3	< 21,9
60	21,9	< 26,1

В таблице 13 представлены аналоги моторных масел по классификациям России и SAE, а в таблице 14 – по классификациям России и API.

## Трансмиссионное масло

### Системы смазки трансмиссий

Передача крутящего момента от двигателя к исполнительному механизму осуществляется с помощью специальных устройств. Для этого между приводом и исполнительным механизмом устанавливают шестереночные и червячные передачи разнообразных типов и размеров.

Трансмиссии транспортных машин делят на механические и гидравлические. Механические обычно состоят из сцепления, коробки передач и ведущего моста. На автомобилях повышенной проходимости - с двумя и более ведущими мостами - в трансмиссию включают раздаточные коробки и коробки отбора мощности.

Все агрегаты трансмиссии, за исключением фрикционного сцепления, смазываются маслом.

Таблица 12

**Классификация моторных масел по API**

<b>Группа масел</b>	<b>Область применения</b>
<b>Категория S – бензиновые двигатели</b>	
SA	Двигатели, работающие в лёгких условиях
SB	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках
SC	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (до 1964 г. выпуска)
SD	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях (до 1968 г.)
SE	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях (до 1972 г.)
SF	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях на неэтилированных бензинах
SG	Двигатели выпуска с 1989 г.
SH	Двигатели выпуска с 1994 г.
SJ	Двигатели выпуска с 1996 г.
<b>Категория C – дизели</b>	
CA	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистых топливах
CB	Двигатели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе
CC	Двигатели, в том числе с умеренным наддувом, работающие в тяжёлых условиях
CD	Двигатели с высоким наддувом, работающие в тяжёлых условиях на высокосернистом топливе
CD-II	То же с учётом требований к двухтактным двигателям
CE	Двигатели с высоким наддувом (с 1983 г.), работающие в тяжёлых условиях
CF-4	Двигатели выпуска с 1990 г.
CF-2	Улучшенные характеристики CD-II для двухтактных двигателей
CG	Двигатели выпуска с 1994 г. Улучшены характеристики CF-4 и ужесточены требования к токсичности отработавших газов

Гидравлические трансмиссии по принципу работы различают гидродинамические и гидростатические (гидрообъемные). Гидродинамические трансмиссии состоят из гидромуфты или гидротрансформатора и гидромеханической коробки передач, а так же системы автоматического регулирования. Гидрообъемная передача включает насос и гидромотор. Гидравлические трансмиссии отличаются некоторыми особенностями работы: энергия от ведущего вала к ведомому передается при помощи жидкости.

Таблица 13

**Аналоги классов вязкости моторных масел по классификации России и SAE**

<b>Россия</b>	<b>SAE</b>
3з	5W
4з	10W
5з	15W
6з	20W
6	20
8	20
10	30
12	30
14	40
16	40
20	50
3з/8	5W/20
4з/6	10W/20
4з/8	10W/20
4з/10	10W/30
5з/10	15W/30
5з/12	15W/30
6з/10	20W/30
6з/12	20W/30
6з/14	20W/40
6з/16	20W/40



Таблица 14

**Аналоги классов по области применения моторных масел по классификации России и API**

<i>Россия</i>	<i>API</i>	<i>Россия</i>	<i>API</i>
A	SB	B <sub>2</sub>	CB
Б	SC/SA	Г	SE/CC
Б <sub>1</sub>	SC	Г <sub>1</sub>	SE
Б <sub>2</sub>	CA	Г <sub>2</sub>	CC
B	SD/CB	Д	CD
B <sub>1</sub>	SD	Е	–

**Требования к качеству масел**

Условия работы масел в агрегатах трансмиссии определяются тремя факторами: температурой, скоростью вращения валов и шестерен и удельным давлением в зоне контакта зубьев шестерен.

Рабочая температура в агрегатах трансмиссии изменяется в довольно широких пределах. Она колеблется от температуры окружающего воздуха до температуры, установившейся в процессе работы, при этом последняя может достигать 120...150<sup>0</sup> С. Это температура в объеме масла, фактическая же температура в зоне контакта зубьев шестерен может достигать 200...250<sup>0</sup> С и более. Температура масла в значительной мере зависит от удельных нагрузок и скорости вращения шестерён, от которой зависит скорость скольжения в зоне контакта. С увеличением нагрузки уменьшается величина смазочной пленки, разделяющей трущиеся поверхности, и в результате повышается вероятность интенсивного износа и заедания.

Скорости скольжения в цилиндрических и конических передачах составляют на входе в зацепления от 1,5...3,0 м/с до 9...12 м/с. Для гипоидных передач характерны значения до 15 м/с и выше, в червячных редукторах – до 20...25 м/с.

В цилиндрических, конических и червячных передачах удельные нагрузки в полюсе зацепления составляют 500...2000 МПа, а в гипоидных передачах они в 2 раза выше.

В гидромеханической трансмиссии нагрузки в 1,5...3 раза ниже, чем в механической. Скорости скольжения контактируемых поверхностей практически не отличаются от скоростей скольжения в механических передачах и равны 1,5...5 м/с, вместе с тем

Эксплуатационные материалы

температура значительно выше. Это связано с высокими скоростями потоков масла из-за быстро вращающихся рабочих колёс. Скорости масла достигают 80...100 м/с.

Высокие скорости потоков масла и непрерывный контакт его с воздухом создают условия для пенообразования. Чтобы уменьшить потери на внутреннее трение при высоких скоростях потоков, требуется использование маловязких масел.

Помимо общих требований, связанных с необходимостью обеспечения высоких смазочных, вязкостно-температурных, антиокислительных, противокоррозионных и других свойств, к трансмиссионным маслам предъявляются и специфические требования с учётом конструктивных особенностей передач. Например, масла для гидромеханических коробок передач и ведущих мостов с дифференциалами повышенного трения должны обладать высокими фрикционными свойствами.

Поэтому трансмиссионные масла можно систематизировать следующим образом:

- КП, К. отбора мощности, ТМ с противоизносными, антиокислительными РК и т.д. ональными присадками.
- Гипоидные передачи Гипоидное масло.
- Червячная передача ТМ с противоизносной присадкой, не корродирующей бронзу.
- Ведущие мосты с Гипоидное масло с повышенными фрикционными свойствами.
- дифференциалом
- повышенного прения
- Гидромеханические передачи Масло для гидромеханических передач.
- Гидростатические передачи Масло для гидростатических передач.

**Эксплуатационные свойства**

**Смазочные свойства.** Из-за больших нагрузок, характерных для современных трансмиссий, они работают в режимах либо эластогидродинамической, либо граничной смазки. Граничный режим смазки также имеет место во всех зубчатых передачах при их пуске и остановке независимо от режима смазки при установившемся движении. Он сопровождается повышенным износом поверхностей трения. Основными видами разрушения являются: нормальный износ или истирание, заедание или задир и питтинг.

Снизить износ и заедание можно подбором масла соответствующей вязкости. При этом известно, чем выше вязкость, тем менее вероятно повреждаемость трущихся поверхностей и выше несущая способность масляного слоя.

Однако повышение вязкости масел ухудшает вязкостно-температурные свойства и увеличивает потери на трение. Поэтому возможность улучшения смазывающих свойств масел за счет увеличения его вязкости ограничена. В этом случае вводят высокоэффективные противоизносные и противозадирные присадки.

Противопиттинговые свойства также можно увеличить, варьируя вязкостью масла и вводя противоизносные присадки.

**Вязкостно-температурные свойства.** От вязкости зависят потери мощности на трение, способность масла удерживаться в узле трения и т.д. ВТС масла определяют при прочих равных условиях уровень смазочного действия.

Температурный режим работы масла в трансмиссии определяется следующими температурами:

- минимальной, в начале работы передачи после длительного перерыва и равной самой низкой температуре окружающего воздуха;

- максимальной, устанавливающейся при экстремальных для данной передачи условиях работы;

- средне-эксплуатационной, характеризующей наиболее вероятное значение температуры во время работы масла за весь период эксплуатации.

Минимальная температура может достигать:

- $-60^{\circ}\text{C}$  в полярной зоне;
- $-40^{\circ}\text{C}$  в умеренной зоне;
- $-10^{\circ}\text{C}$  в жаркой зоне.

Каждой из приведённых температур соответствует своя вязкость.

При высокой вязкости масла потери энергии на внутреннее трение масла преобладают в сумме общих потерь, причём основная доля приходится на потери в главной передаче. Вязкость масла при минимальной температуре не должна превышать величину, при которой невозможно начать движение без предварительного разогрева масла в узлах и агрегатах трансмиссии.

Так, минимальная допустимая вязкость должна обеспечить работу агрегатов без повышенных утечек. Современные уплотнительные устройства позволяют удерживать масло в узлах и агрегатах трансмиссий при вязкости 25...30 мм<sup>2</sup>/с, а в ряде случаев даже до 10...15 мм<sup>2</sup>/с.

Вязкость масла при средне-эксплуатационной температуре не должна превышать величину, при которой потери энергии на внутреннее трение заметно снижают КПД трансмиссии.

В общем случае масла с пологой вязкостно-температурной характеристикой обеспечивают надёжную эксплуатацию техники при низких температурах окружающего воздуха.

**Антиокислительные, противокоррозионные и защитные свойства.** Трансмиссионное масло в процессе работы окисляется. Скорость и глубина окисления зависят от:

- продолжительности работы;
- температуры масла;
- каталитической активности металла;
- концентрации кислорода;
- промоторов окисления.

К последним относятся некоторые из присутствующих в масле присадок, в частности противозадирные.

Окисление масла оказывает отрицательное влияние не только на срабатывание присадок. В процессе окисления ухудшаются вязкостно-температурные свойства масел, происходит накопление кислых продуктов, способствующих повышению коррозии. Последняя резко возрастает с повышением температуры, но не бесконечно: при температуре около 170<sup>0</sup> С коррозионность масла ослабевает, что видимо связано с увеличением содержания в масле смол. Смолистые вещества отлагаются на металлических поверхностях, образуя лакообразные плёнки, которые препятствуют контакту металла с коррозионно-агрессивной средой.

Снижение коррозионной агрессивности достигается либо за счёт изменения содержания в масле присадок разного функционального назначения, либо за счёт добавления деактиватора или пассиватора металла. Наиболее высокими антикоррозионными свойствами из трансмиссионных масел обладают масла **ТСп-15к** и **ТСз-9гип**.

Повышение коррозионной агрессивности масел и особенно «ржавление» различных узлов и агрегатов возможно при обводнении смазочного материала. В зависимости от условий эксплуатации содержание воды в масле колеблется от десятых долей до нескольких процентов, иногда достигая 5...8 %. В воде содержится некоторое количество неорганических солей и коррозионно-агрессивных компонентов, попадающих извне, или образующихся в процессе старения масла. Это создает благоприятные условия для электрохимической коррозии, которая увеличивается при хранении. Для устранения коррозии в период остановки машины

в масло вводят защитные присадки. Сочетанием в масле функциональных и защитных присадок получают рабочие-консервационные трансмиссионные масла, которые имеют определенный уровень эксплуатационных свойств и одновременно обладают защитной способностью, особенно проявляющейся в период хранения. К числу таких трансмиссионных масел относится универсальное масло **ТМ5-12РК**.

**Ассортимент трансмиссионных масел.** Классификация отечественных трансмиссионных масел по **ГОСТ 17479.2-85 «Обозначение нефтепродуктов. Масла трансмиссионные» (ТМ - означает «трансмиссионное масло»):**

**ТМ1** - для прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях до 1000 МПа и температуре масла в объеме до 90<sup>0</sup> С;

**ТМ2** - для прямозубых передач, работающих при контактных напряжениях до 2000 МПа и температуре масла в объеме до 120<sup>0</sup> С;

**ТМ3** - для прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях более 2000 МПа и температуре масла в объеме свыше 120<sup>0</sup> С;

**ТМ4** - для гипоидных передач, работающих при высокой скорости скольжения и низком крутящем моменте, низкой скорости скольжения и высоком крутящем моменте и температуре масла в объеме до 135<sup>0</sup> С;

**ТМ5** - для гипоидных передач, работающих при высокой скорости скольжения и ударных нагрузках, высокой скорости и низком крутящем моменте, низкой скорости и высоком крутящем моменте и температуре масла в объеме выше 135<sup>0</sup> С.

Все отечественные трансмиссионные масла минеральные.

Масла группы **ТМ1** - без присадок, **ТМ2** - с противоизносными присадками, **ТМ3** - со слабыми противозадирными присадками, **ТМ4** - с сильными противозадирными присадками, **ТМ5** - с сильными противозадирными присадками и высокой термоокислительной стабильностью.

Кроме того, трансмиссионные масла делятся на четыре класса (табл. 15) в зависимости от вязкости, эксплуатационных свойств и климатических условий применения. Класс заносится через тире, например, **ТМ5-18**.

Например: масло, маркируемое **ТМ3-9**, означает – трансмиссионное масло для смазывания тяжелонагруженных трансмиссий, работающих при контактных напряжениях более 2000 МПа и температуре масла в объеме выше 120<sup>0</sup> С для транспортных

средств работающих на севере.

В последние годы используются универсальные масла, предназначенные для работы одновременно в напряжённых гипоидных передачах ведущих мостов легковых и грузовых автомобилей, в коробках передач и в червячных передачах рулевых механизмов, например, ТАД-17И (по современной маркировке соответствует ТМ5-18).

Таблица 15

### Отечественная классификация трансмиссионных масел по вязкости

<i>Класс вязкости</i>	<b>Температура применения, °С</b>	Примечание
<b>9</b>	<b>-60...+25</b>	для Арктики
<b>12</b>	<b>-50...+30</b>	для севера
<b>18</b>	<b>-35...+30</b>	наш климат
<b>34</b>	<b>-20...+45</b>	для юга

На западе используется классификация масел по вязкости, разработанная Американским обществом инженеров-автомобилистов SAE (табл. 16), и по области и условиям применения, разработанная Американским институтом нефти API (табл. 17).

Таблица 16

### Классификация трансмиссионных масел по SAE

<i>Класс вязкости</i>	<b>Кинематическая вязкость при 100° С, мм<sup>2</sup>/с</b>	
	Min	Max
75W	4,1	–
80W	7,1	–
85W	11,0	–
90	13,5	< 24
140	24,0	< 41
250	41,0	–

Уровень качества отечественных трансмиссионных масел оценивают на разных приборах и установках. Существует два комплекса методов: комплекс методов квалификационной оценки масел для трансмиссий гусеничных машин и комплекс методов

## Эксплуатационные материалы

квалификационной оценки автотракторных трансмиссионных масел. В соответствии с этими комплексами предусматривается оценка вязкостно-температурных свойств, коррозионной агрессивности, противоизносных и противозадирных свойств и др. С этой целью необходимо использовать как лабораторные приборы, так и стенды. Например, противоизносные и противозадирные свойства рекомендуется оценивать на четырёхшариковой машине трения и на шестерёночных стендах, представляющих собой систему прямозубых шестерен.

На ЧШМ трения определяют следующие показатели: критическую нагрузку, нагрузку сваривания, показатель износа, индекс задира.

Метод оценки физической стабильности заключается в анализе смазочных свойств масел после нагревания, охлаждения и центрифугирования. Изучение совместимости масел проводится путём определения основных эксплуатационных свойств смеси в сравнении со свойствами каждого масла в отдельности.

Таблица 17

**Классификация трансмиссионных масел по API**

<i>Группа</i>	<i>Область применения. Состав</i>
GL-1	Цилиндрические, конические и спирально-конические зубчатые передачи в условиях низких скоростей и нагрузок. Минеральное масло без присадок или с антиокислительными, противоизносными и противопенными присадками без противозадирных компонентов.
GL-2	Червячные передачи, работающие в условиях GL-1, но с более высокими требованиями к антифрикционным свойствам. Могут содержать антифрикционный компонент.
GL-3	Обычные трансмиссии со спирально-коническими шестернями, работающие в умеренно жёстких условиях по скорости и нагрузкам. Обладают лучшими противоизносными и противозадирными свойствами, чем GL-2.

GL-4	Автомобильные трансмиссии с гипоидной передачей, работающие в условиях больших скоростей при малых крутящих моментах, малых скоростей при высоких крутящих моментах. Обязательно наличие высокоэффективных противозадирных присадок.
GL-5	Автомобильные гипоидные передачи, работающие в условиях больших скоростей и малых крутящих моментов при действии ударных нагрузок на зубья шестерён при высоких скоростях скольжения. Должны содержать большое количество серофосфоросодержащей противозадирной присадки.
GL-6	Автомобильные гипоидные передачи с повышенным вертикальным смещением осей шестерён, т.е. работающие при повышенных скоростях, ударных нагрузках и высоких крутящих моментах. Содержат большее количество серофосфоросодержащей противозадирной присадки, чем GL-5.

В качестве базовых для получения трансмиссионных масел используют дистилляты или остаточные масла различного уровня вязкости. Кроме того, как правило, пока за рубежом, для производства трансмиссионных масел вовлекаются синтетические компоненты. В отечественном производстве трансмиссионные масла получают путем смешения высоковязких нефтепродуктов с маловязкими или загущения маловязких масел высокополимерными присадками. Последний метод предпочтительнее, так как варьируя химическим составом основы и типом загущающей присадки, можно получать масла с заданными вязкостно-температурными свойствами.

Для приготовления товарного трансмиссионного масла к основе добавляют функциональные присадки: противоизносные, противозадирные, антиокислительные и др. Особое значение придается присадкам, снижающим износ и заедание.

Наиболее распространенные отечественные масла:

**ТСп-10** получают смешением деасфальтизата эмбинских нефтей с маловязким низкозастывающим дистиллятным компонентом. В масло вводят противоизносные присадки ЭФО (цинкобариевая соль изобутилового эфира арилдитиофосфорной кислоты), АЗНИИ-ЦИАТИМ-1 и ПМС-200А. Применяют для смазывания тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач. **ТМ2-9**.



**ТАП-15В** смесь экстрактов остаточных масел фенольной очистки и дистиллятных масел с добавлением присадок ОТП и АЗНИИ-ЦИАТИМ-1; вместо присадки ОТП допускается применение других присадок, например, ЛЗ-23к. Рекомендуются для смазывания тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач. **ТМ4-18.**

**ТСП-14** смесь дистиллятного и остаточного масел из сернистых нефтей с добавлением присадок ОТП (или ЛЗ-23к), ПМА-Д и ПМС-200А. Применяют для тех же целей, что и масло ТАП-15В, однако это масло превосходит последнее по вязкостно-температурным свойствам. **ТМ3-18.**

**ТАД-17и** смесь дистиллятного и остаточного масел с присадками Англамол-99 (многофункциональная), ПМА-Д и ПМС-200А. Применяют для смазки цилиндрических, конических, червячных, спирально-конических и гипоидных передач (автомобили ВАЗ и др.). **ТМ5-18.**

**ТМ5-12РК** производят с использованием низкозастывающей основы, загущенной полимером, с добавлением высокоэффективных противоизносных, противозадирных, антикоррозионных и др. присадок. Относится к числу универсальных для эксплуатации и консервации тяжело нагруженных цилиндрических, спирально-конических, гипоидных и червячных передач автомобилей и др. транспортных средств.

**МТ-8п** смесь дистиллятного и остаточного масел с присадками МНИ П-22к, АЗНИИ-ЦИАТИМ-1 и ПМС-200А. Применяют для смазывания планетарных коробок передач, планетарных ботовых передач, а так же в системах гидроуправления гусеничных машин в качестве всесезонного в умеренной и жаркой климатических зонах.

**Масло марки А** продукт глубокой селективной очистки с композицией присадок ПИБ, МАСК, ДФ-11, ПМА-Д и ПМС-200А. Предназначено для гидротрансформаторов и гидромеханической коробки передач при всесезонном использовании в умеренной и жаркой зонах. **ТМ2-9.**

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин,*

## Эксплуатационные материалы

Ю.Н. Чернявский, под ред. проф. А.М. Обельницкого. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. Сафонов А.С. и др. Автомобильные автоэксплуатационные материалы / А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец. – СПб.: Гидрометиониздат, 1998. – 233 с.

4. Анисимов И.Г. и др. Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / И.Г. Анисимов. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. Гуреев А.А. и др. Химмотология: учебник для ВУЗов / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. Гуреев А.А. и др. Автомобильные эксплуатационные материалы / А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / Н.Б. Кириченко. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

8. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки / Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис. – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2001. – 208 с.

9. Р. Балтенас, А.С. и др. Моторные масла / Р. Балтенас, А.С. Сафонов, В. Шергалис. – СПб.: Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.

## ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

### Состав

Пластичные смазки – распространённый вид смазочных материалов, представляющих собой высококонцентрированные дисперсии твёрдых загустителей в жидкой среде. Чаще всего смазки - трёхкомпонитные коллоидные системы, содержащие дисперсионную среду - жидкую основу (70...90 %) дисперсную фазу – загуститель (10...15 %), модификаторы структуры и добавки - присадки, наполнители (1...15 %).

В качестве дисперсной среды используют масла нефтяного и синтетического происхождения, реже их смеси. К синтетическим маслам относят кремнийорганические жидкости - полисилкосаны, эфиры, полигликоли, фтор- и хлорорганические жидкости. Их применяют в основном для высокоскоростных подшипников, работающих в широких диапазонах температур и контактных нагрузок. Смеси синтетических и нефтяных масел применяют для более эффективного использования смазок и регулирования их эксплуатационных свойств.

Загустителями служат соли высокомолекулярных, жирных кислот - мыла, твёрдые углеводороды - церезины, петролатумы и некоторые продукты неорганического (бентонит, силикагель) или органического (кристаллические полимеры, производные карбамида) происхождения. Наиболее распространены мыла и твёрдые углеводороды. Концентрация мыльного и неорганического загустителя обычно не превышает 15 %, а концентрация твёрдых углеводородов доходит до 25 %.

Для регулирования структуры и улучшения функциональных свойств в смазки вводят добавки.

По сравнению с маслами смазки обладают следующими достоинствами:

- малый удельный расход;
- более простая конструкция машин и механизмов, следовательно, меньшая масса, более высокая надёжность и ресурс;
- более продолжительный период замены;
- меньшие эксплуатационные затраты при ТО.

### Область применения

Пластичные смазки выполняют следующие основные функции:

- уменьшают силы трения между трущимися поверхностями;
- снижают износ и предотвращают задиры (заеда-

ние) трущихся поверхностей;

- защищают металлы от коррозионного воздействия окружающей среды;

- уплотняют зазоры между сопряжёнными деталями.

Кроме основных функций смазки выполняют роль электроизоляционных материалов, защищают детали узлов трения от ударных нагрузок, снижают вибрации и шум. Практически нет смазок, хорошо выполняющих все перечисленные функции одновременно. В этом собственно и нет необходимости, поскольку различия в условиях применения выдвигают на первый план одну или две наиболее важные функции, обеспечивая надёжную работу агрегата.

Независимо от условий применения и назначения смазок они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- надёжно выполнять свои функции в широком диапазоне температур, удельных нагрузок и скоростей перемещения трущихся поверхностей;

- в минимальной степени изменять свои свойства в условиях эксплуатации;

- оказывать наименьшее воздействие на контактирующие с ними материалы;

- удовлетворять правилам техники безопасности и не оказывать вредного воздействия на окружающую среду;

- иметь невысокую стоимость и быть экономичными в эксплуатации.

Работа смазочного материала зависит не только от условий эксплуатации самой смазки (температура, нагрузки, скорость перемещения, окружающая среда), но и от характера работы механизма (остановки, постоянные или переменные внешние воздействия и т.д.). Эффективная работа смазочного материала определяется:

- конструктивными особенностями узла (тип, размер, характер движения);

- системой смазки и видом материала, с которым смазка контактирует во время работы;

- условиями эксплуатации узла трения;

- сроками смены смазочного материала.

Отсюда к смазочным материалам предъявляют и частные требования, например, диэлектрические и оптические свойства, водостойкость и т.д.

По назначению смазки разделяют на:

- антифрикционные - для снижения трения и износа; и в

## Эксплуатационные материалы

свою очередь, антифрикционные общего назначения и антифрикционные технологические (для облегчения технологических процессов обработки материалов);

- консервационные - для предохранения металлических изделий от коррозии;

- уплотнительные - для герметизации трущихся поверхностей, сальников, зазоров и др.;

- специального назначения, например, фрикционные - для увеличения трения с целью предотвращения проскальзывания, приработочные - для улучшения приработки трущихся поверхностей и др.

Подавляющее большинство относится к первым двум группам. Следует отметить условность такого разделения смазок, т.к. антифрикционные должны одновременно защищать от коррозии, консервационные должны обладать хорошими антифрикционными свойствами, а уплотнительные должны иметь хорошие смазочные и защитные свойства.

Кроме вышеперечисленных классификаций по назначению или функциональному действию, известна классификация смазок по составу. По типу загустителя смазки подразделяют на органические и неорганические. К органическим загустителям относятся мыла, твёрдые углеводороды, пигменты и некоторые кристаллические полимеры. Неорганические загустители - силикагель, бентонит, технический углерод (сажа) и некоторые другие.

Мыльные смазки в свою очередь делят на кальциевые, натриевые, литиевые, бариевые, алюминиевые и др. В зависимости от состава жиров, употребляемых для приготовления мыльных загустителей, выделяют смазки на синтетических, жирных кислотах, природных жирах и технических, жирных кислотах.

Как уже отмечалось, пластичные смазки при малых нагрузках ведут себя как твёрдые тела, не растекаются под действием собственной массы, не сбрасываются инерционными силами с поверхностей, удерживаются на вертикальных поверхностях. Под действием нагрузок, превышающих предел их прочности, смазки начинают течь подобно вязким жидкостям. Таким образом можно сформулировать принципиальные отличия смазок от жидких смазочных материалов:

- хорошее удерживание на наклонных и вертикальных поверхностях, отсутствие выдавливания из узлов трения под действием значительных нагрузок;

- высокая смазочная способность, т.е. лучшие показатели противоизносных и противозадирных свойств, особенно при

больших нагрузках;

- лучшая защита металлических поверхностей от коррозионного воздействия окружающей среды;
  - высокая герметизация узлов трения, предохранение их от проникновения нежелательных продуктов;
  - более широкий температурный диапазон работоспособности и лучшие вязкостно-температурные характеристики;
  - более надёжная и эффективная работа в жёстких условиях эксплуатации (одновременное воздействие высоких температур, давлений, ударных нагрузок, переменный режим скоростей и т.д.);
  - экономичность в применении за счёт более продолжительной работоспособности и меньшего расхода.
- К недостаткам следует отнести следующее:
- отсутствие отвода тепла смазываемых деталей;
  - несовершенную систему подачи пластичного материала;
  - низкую химическую стабильность мыльных смазок.

### Основные свойства смазок

**Прочностные свойства.** Частицы загустителя образуют в масле структурный каркас, благодаря которому смазки в состоянии покоя обладают пределом прочности на сдвиг. Предел прочности - это минимальная нагрузка, при которой начинается разрушение каркаса и происходит необратимая деформация смазки - сдвиг. При приложении нагрузки, превышающей предел прочности, смазки деформируются, а при нагрузке ниже предела прочности они проявляют упругость подобно твёрдым телам. Благодаря пределу прочности смазки удерживаются на наклонных и вертикальных поверхностях, не вытекают из негерметизированных узлов трения. Кроме того, предел прочности определяет стартовые характеристики узлов трения, например, усилие, которое необходимо приложить к подшипнику в начале его вращения.

Все факторы, влияющие на формирование структуры смазок, влияют и на их прочность. К ним относятся:

- тип и концентрация загустителя;
- химический состав и свойства дисперсионной среды;
- состав и концентрация модификатора;
- режим приготовления смазок (температура и продолжительность нагревания, скорость охлаждения и т.д.).

При повторных нагружениях с уменьшением промежутка времени между этими нагружениями значение последовательно замеряемого предела прочности уменьшается.

С повышением температуры предел прочности смазок уменьшается. Температура, при которой предел прочности приближается к нулю, является истинной температурой перехода смазки из пластичного в жидкое состояние.

Для большинства смазок предел прочности при 20 °С лежит в пределах 100...1000 Па.

Измеряют предел прочности на пластометре К-2 или прочнометре СК и др. приборах.

**Вязкостные свойства.** Вязкость определяет прокачиваемость смазок при низких температурах, стартовые характеристики и сопротивление вращению при установившихся режимах, а так же возможность заправки узлов трения. В отличие от масел вязкость смазок зависит не только от температуры, но и от градиента скорости сдвига. Поэтому при определении вязкости смазки необходимо знать не только температуру, при которой она определялась, но и скорость, с которой она продавливалась через капилляр. Поэтому вязкость смазки при определенной скорости перемещения и температуре называют эффективной вязкостью.

При увеличении скорости деформации вязкость резко снижается. С повышением температуры вязкость смазки так же резко снижается. Изменение вязкости от скорости деформации выражается вязкостно-температурной характеристикой, а от температуры - вязкостно-температурной характеристикой. При этом первая определяется при постоянной температуре, а вторая при постоянной скорости сдвига. По вязкостно-температурным свойствам смазки превосходят масла, поскольку значительная доля сопротивления течения смазок приходится на разрушение структурного каркаса, прочность которого мало зависит от температуры.

Увеличение концентрации и степени дисперсности загустителя приводит к повышению вязкости смазки. На вязкость смазки влияет также вязкость дисперсионной среды и технология приготовления.

Определяют вязкость с помощью капиллярных вискозиметров - АКВ-2 или АКВ-4, ротационного вискозиметра - ПВР-1 и др. приборов.

**Механическая стабильность** (*тиксотропные превращения смазок*). Изменение реологических свойств смазок при механическом разрушении и в процессе последующего отдыха - одна из важных характеристик. **Тиксотропия** - это способность дисперсных систем обратимо разжижаться при механическом воздействии и отвердевать при относительно длинном их пребывании в покое. Положительным качеством, обусловливаемым *тиксотропи-*

ей, является то, что при выбрасывании частиц разжиженной смазки из зоны трения и отложения их на неподвижных поверхностях они увеличивают вязкость и автоматически герметизируют узел трения от вытекания смазки. Однако сильно разупрочняющиеся при механическом воздействии смазки не способны удерживаться в узлах трения и вытекают из них при сравнительно небольших нагрузках. Чрезмерное упрочнение смазки после разрушения также является нежелательным, так как затрудняется запуск узла трения и поступления смазки к контактным поверхностям.

Механическая стабильность смазок зависит от типа загустителя, размеров, формы и прочности связи между дисперсными частицами. Уменьшение размеров частиц загустителя (до определенных пределов) способствует улучшению механической стабильности смазок. Смазки, имеющие мыльные волокна с большим отношением длины к диаметру, более стабильны. Увеличение концентрации загустителя также повышает механическую стабильность смазок. На тиксотропные превращения смазок влияют состав и свойства дисперсной среды, присутствие наполнителей и добавок.

Механическую стабильность определяют в ротационном приборе - тиксметре. Оценивают механическую стабильность специальными коэффициентами, которые рассчитывают по изменению прочности смазки на разрыв:  $K_p$  – индекс разрушения,  $K_v$  – индекс тиксотропного восстановления.

**Пенетрация.** Этот показатель до сих пор используется для оценки прочности и сравнения смазок друг с другом. Однако смазки, обладающие разными реологическими свойствами, могут иметь одинаковые числа пенетрации, и это приводит к неверным представлениям об эксплуатационных свойствах смазок. В таблице 18 классификация пластичных смазок по консистенции, предлагаемая *Национальной ассоциацией пластичных смазок США NLGI*.

**Коллоидная стабильность.** Способность удерживать масло, сопротивляться его выделению при хранении и эксплуатации характеризует коллоидную стабильность смазок. Выделение масла может быть самопроизвольным вследствие структурных изменений в смазке, например, под действием собственной массы, и может ускоряться или замедляться под действием температуры, давления и др. факторов. Слишком большое выделение масла в процессе работы - более 30 % - приводит к резкому упрочнению смазки и нарушает её нормальное поступление к



контактируемым поверхностям.

Таблица 18

Классификация пластичных смазок по числу пенетрации

<i>Класс</i>	<i>Диапазон пенетрации</i>	<i>Визуальная оценка консистенции</i>
000	445...475	Очень мягкая, аналогичная очень
00	400...430	вязкому маслу
0	355...385	То же
1	310...340	Мягкая
2	265...295	То же
3	220...250	Вазелинообразная
4	175...205	Почти твёрдая
5	130...160	Твёрдая
6	85...115	То же
		Очень твёрдая мылообразная

Коллоидная стабильность зависит от размеров, формы и прочности связей структурных элементов. Большое влияние оказывает вязкость дисперсной среды: чем выше вязкость масла, тем труднее ему вытекать из объёма смазки.

Коллоидная стабильность оценивается по объёму масла, отпрессованного из смазки при комнатной температуре в течение 30 минут и выражается в % - для смазок она не должна превышать 30 %. Проводят это на разных приборах, но самым простым и удобным является механическое отпрессовывание масла из некоторого объёма, помещенного между слоями фильтровальной бумаги.

**Химическая стабильность.** Под химической стабильностью понимают стойкость смазок против окисления кислородом воздуха, хотя в широком смысле - это отсутствие изменения свойств смазок под воздействием на них химических реагентов (кислот, щелочей, кислорода и т.д.). Окисление приводит к образованию и накоплению в смазках кислородосодержащих, активных веществ, к изменению реологических свойств (как правило, разупрочнению), ухудшению коллоидной стабильности, понижению температуры каплепадения, смазочной способности и т.д.

Стабильность против окисления особенно важный показатель для смазок, которые

- заправляют в узлы трения 1...2 раза в течение 10...15 лет;
- работают при высоких температурах;
- работают в тонких слоях;

- в контакте с цветными металлами.

Медь, бронза, олово, свинец и ряд других металлов и сплавов ускоряют окисление смазок.

Об образовании и накоплении в смазке продуктов окисления судят по данным ИК-спектроскопии. Исследования проводят методом ускоренного окисления под действием высокой температуры в присутствии катализаторов.

Имеется несколько способов повышения стойкости смазок против окисления:

- подбор масляной основы;
- выбор типа и концентрации загустителя;
- варьирование технологическими режимами производства;
- введение антиокислительных присадок (амино- и феноло-содержащих соединения, фосфор- и серосодержащие органические продукты и т.д.).

**Термическая стабильность.** Способность смазок не изменять свои свойства и прежде всего не упрочняться при кратковременном воздействии высоких температур характеризует их термическую стабильность. Особенно подвержены упрочнению вплоть до потери пластичности при повышенных температурах смазки из мыл синтетических жирных кислот, натриевые, натриево-кальциевые и в меньшей степени кальциевые. Упрочнение затрудняет поступление смазки к узлу трения, ухудшает его адгезионные свойства. Особенность термоупрочнения - полная и многократная обратимость - перетираание затвердевшей смазки приводит к восстановлению её первоначальных свойств.

**Испаряемость** - один из показателей смазок, определяющих стабильность состава при хранении и в эксплуатации. Испарение масла из-за высоких температур, вакуума и отсутствия частой смены приводит к повышению концентрации загустителя, что сопровождается увеличением предела прочности и ухудшением низкотемпературных свойств: на поверхности образуются корки и трещины, снижается защитная способность.

Скорость испарения зависит от условий хранения и эксплуатации, фракционного состава масла. Чем тоньше слой и больше его поверхность, тем выше испаряемость. Тип и концентрация загустителя мало влияют на испаряемость масла.

Выражается испаряемость в %. Определяется измерением потери массы образца, который выдерживают в стандартных условиях в течение определённого времени при постоянной температуре.

**Температура каплепадения.** Минимальная температура, при которой происходит падение первой капли смазки, нагреваемой в приборе Уббелоде. Эта температура зависит от условий оценки и не всегда определяется одними и теми же свойствами смазок. Она условно характеризует температуру плавления загустителя. Считается, что температура каплепадения должна быть на 15...20 °С выше максимальной температуры применения смазки. Однако температура каплепадения не всегда позволяет правильно судить о высокотемпературных свойствах смазки. Например, температура каплепадения литиевых смазок лежит в пределах 170...200 °С, а работоспособны они до 130 °С.

**Микробиологическая стабильность.** Под действием микроорганизмов, попавших в смазку и развившихся в ней, происходит изменение состава и свойств смазок. При развитии микроорганизмы потребляют те или иные компоненты смазки, продукты обмена накапливаются и, как правило, увеличивают кислотность смазки. При этом происходит разупрочнение и изменение эксплуатационных свойств.

Для борьбы с микроорганизмами в смазки вводят антисептики - органические вещества, например, бензойную и салициловую кислоты, фенолы, производные ртути, олова и др. Бактерицидными действиями обладают некоторые антиокислительные, противоизносные присадки и ингибиторы коррозии.

**Радиационная стойкость.** Воздействие на смазки излучений высоких энергий приводит к глубоким изменениям их структуры и свойств. В значительной степени стойкость смазок к облучению зависит от состава масла, на основе которого они приготовлены. По дисперсионной стойкости смазки располагаются следующим образом в порядке возрастания: кремнийорганические жидкости - сложные эфиры - нефтяные масла - простые эфиры. Смазки в зависимости от типа загустителя при облучении могут приобретать «наведённую» радиоактивность. Наиболее легко радиоактивность приобретают натриевые смазки.

### Ассортимент смазок

Автомобильный транспорт один из основных потребителей пластичных смазок. Здесь применяют антифрикционные, защитные и уплотнительные смазки. Более всего при эксплуатации расходуются антифрикционные смазки.

Основными узлами трения являются:

- подшипники качения ступиц колёс;
- подшипники качения насоса системы охлаждения (рань-

ше);

- шарниры рулевого управления;
- шаровые опоры независимой подвески;
- шарниры карданные равных и неравных угловых скоростей и т.д.

Ассортимент антифрикционных смазок промышленного производства превышает 100 наименований. В инструкциях по эксплуатации для одних и тех же узлов разных автомобилей рекомендуются различные смазки.

### Антифрикционные смазки

Самыми распространёнными мыльными смазками из **кальциевых** смазок общего назначения являются солидолы. Готовят две марки синтетического солидола – **пресс-солидол С** и солидол **С**, и две марки жирового солидола – пресс-солидол **УС-1** и солидол **УС-2** (**УС** – универсальная среднеплавкая). Жировые солидолы готовят загущением нефтяных индустриальных масел кальциевыми мылами. Солидолы нерастворимы в воде, обладают высокой коллоидной стабильностью, но не могут использоваться при температурах выше + 75 °С и ниже – 30 °С.

Кроме солидолов выпускают другие кальциевые гидратированные смазки – **УССА, ЦИАТИМ-208** и др.

К комплексным кальциевым смазкам, изготавливаемым на нефтяных или синтетических маслах, относятся – **униол-1, униол-2, ЦИАТИМ-221** и др. Эти смазки по сравнению с обычными мыльными смазками более термостойки: температура каплепадения у них выше 200 °С (у солидолов 80...90 °С), что позволяет использовать их при температурах до 160 °С. Они обладают хорошими противоизносными и противозадирными свойствами, то есть их можно применять в тяжелонагруженных узлах. Они так же обладают хорошими защитными и противокоррозионными свойствами. К недостаткам этих смазок относится склонность к термоупрочнению.

**Натриевые и натриево-кальциевые смазки.** По объёму производства эти смазки занимают второе место после гидратированных кальциевых. Распространёнными *натриевыми* смазками являются *консталины* **УТ-1** и **УТ-2** (**УТ** – универсальная тугоплавкая), которые в отличие от солидолов работоспособны при температурах до 115 °С и хорошо удерживаются при таких температурах в тяжелонагруженных узлах. Однако натриевые и натриево-кальциевые смазки растворимы в воде и, следовательно, смываются с металлических поверхностей. При низких температурах (ниже – 20 °С) применять эти смазки не рекомендуется.

Преимущественно консталины используются как железнодорожные смазки.

Среди натриево-кальциевых смазок самой массовой является смазка **1-13**. Эту смазку и её вариант **1-ЛЗ** или **ЛЗ-ЦНИИ** применяют в роликовых и шариковых подшипниках.

**Литиевые смазки.** Эти смазки работоспособны в широком интервале температур и до  $-50^{\circ}\text{C}$ , нагрузок и скоростей. Их свойства стабильны во времени. К недостаткам можно отнести низкую механическую стабильность и ограниченный верхний предел температуры – не выше  $120...130^{\circ}\text{C}$ . Первой литиевой смазкой была **ЦИАТИТМ-201**. Сейчас выпускают: **литол-24**, **фиол-2** или **2М**, **фиол-3** и др. Литол-24 используется в качестве единой автомобильной смазки.

**Алюминиевые смазки.** Наиболее распространённой является смазка **АМС-1,3**. Она используется в механизмах, работающих в морской воде или соприкасающихся с ней. Относится к защитно-антифрикционным смазкам. Выпускается смазка **МС-70** имеющая такие же свойства.

В ассортименте антифрикционных смазок имеются также смазки на **бариевых** и **цинковых** мылах. *Бариевые* смазки обладают хорошей стойкостью к воде и нефтепродуктам, повышенной химической и механической стабильностью. В шаровых шарнирах подвески и наконечниках рулевых тяг автомобилей ВАЗ применяется бариевая смазка **ШРБ-4**.

В качестве антифрикционных смазок используют смазки на неорганических загустителях – силикагелевые, бентонитовые и др. У них хорошие высокотемпературные свойства, высокая химическая стабильность и удовлетворительные смазочные свойства. К их недостаткам можно отнести низкую защитную стабильность. К *силикагелевым* относятся смазки – **ВНИИНП-262**, **ВНИИНП-264**,

**ВНИИНП-279**. В основном они предназначены для высокоскоростных подшипников качения, работающих в жёстких режимах трения. Смазки эти дорогие.

К *бентонитовым* смазкам для подшипников качения относится смазка **ВНИИНП-226**.

### Консервационные смазки

Ассортимент консервационных смазок значительно уступает ассортименту антифрикционных смазок. Наибольшее распространение получили углеводородные смазки. Их низкая температура плавления ( $40...75^{\circ}\text{C}$ ) позволяет наносить их на поверхность в расплавленном виде путём окунания или распыливания. Можно

наносить и при помощи кисти. Предварительно поверхность очищают от следов коррозии и прочих загрязнений.

К углеводородным смазкам относятся **ПВК**, **ГОИ-54п**, **УНЗ** (*лушечная*), вазелин технический волокнистый **ВТВ-1**, **ВНИИСТ-2** и др.

Смазка **ПВК** имеет высокую водостойкость и стабильность, низкую испаряемость, что позволяет использовать её в течение 10 лет. Недостатком её является потеря подвижности при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**ГОИ-54п** используют для защиты от коррозии машин и механизмов, работающих на открытом воздухе. Смазка сохраняет работоспособность при температуре до  $-50^{\circ}\text{C}$ , однако, как большинство углеводородных смазок, её не рекомендуют использовать при температурах выше  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Смазку **ВТВ-1** применяют для смазывания клемм аккумуляторов. От смазки **ПВК** она отличается лучшими низкотемпературными свойствами.

**ВНИИСТ-2** применяется для защиты от коррозии наземных трубопроводов.

Удовлетворительные защитные свойства имеют и некоторые мыльные смазки: **АМС-1**, **АМС-3**, **МС-70**, **ЗЭС** и др.

Смазки **АМС-1**, **АМС-3** и **МС-70** используют как антифрикционные, обладающие хорошими защитными свойствами в условиях контакта с морской водой. Они обладают высокой липкостью и водостойкостью.

Смазку **ЗЭС** применяют для защиты линий электропередач и другой высоковольтной аппаратуры от коррозии.

Особую группу консервационных смазок составляют канатные смазки: **39у**, **БОЗ-1**, **торсиол-35**, **торсиол-55 Е-1** и др. Они занимают промежуточное положение между консервационными и антифрикционными смазками. Предназначены эти смазки для защиты стальных канатов и тросов при эксплуатации и хранении, а так же снижать износ, уменьшать трение, предотвращать обрывы.

### Уплотнительные смазки

По составу и свойствам эти смазки специфичны, что не позволяет, как правило, заменять их смазками других типов. В качестве дисперсионной среды используют касторовое масло, глицерин, синтетические масла и смеси с нефтяными. Смазки на основе касторового масла и его смеси с нефтяным или синтетическим маслом практически нерастворимы в нефтепродуктах.

Загустителями могут быть твёрдые углеводороды и неорга-

нические продукты (силикагель, бентонит).

Большинство уплотнительных смазок содержат наполнители – графит, слюду, тальк, дисульфид молибдена, асбест, оксиды металлов и др. В уплотнительной смазке для запорной арматуры вводят 10...15 % наполнителей.

Широкое применение уплотнительные смазки нашли в резьбовых соединениях. В таких соединениях, рассчитанных на высокое давление, уплотнительные смазки подвергаются воздействию высоких контактных нагрузок. Роль самой смазки при жёстких условиях работы резьбового соединения сводится только к функции носителя наполнителя. В смазках для резьбовых соединений концентрация наполнителей, как правило, превышает 50 %.

### Твёрдые смазки

Характерная особенность твёрдых смазок заключается в том, что эти материалы, так же как пластичные смазки, находятся в агрегатном состоянии, исключающем их вытекание из узла трения. Благодаря этому их можно использовать в негерметизированных узлах трения. Достоинства их перед маслами таки же, как у пластичных смазок:

- уменьшение расхода смазочного материала;
- уменьшение эксплуатационных расходов.

**Твёрдые слоистые смазки.** Это кристаллические вещества, обладающие смазочными свойствами: графит, дисульфиды молибдена и вольфрама, нитрид бора, бромиды олова и кадмия, сульфат серебра, иодиды висмута, никеля и кадмия, фталоцианин, селениды и теллуриды вольфрама, титана и пр.

Все эти смазки обладают слоистой структурой, характеризующиеся тем, что атомы, лежащие в одной плоскости – одним слое – находятся друг к другу ближе, чем в различных слоях. Это обуславливает различную прочность между атомами в различных направлениях. В результате под действием внешних сил происходит скольжение одних слоёв кристаллов относительно других. Это свойство необходимо, но недостаточно. Нужна также хорошая адгезия твёрдой смазки к материалу поверхности трения, поэтому дисульфид титана и многие алюмосиликаты (слюда, тальк и др.), обладая ярко выраженной слоистой структурой, не отличаются смазочными свойствами, так как имеют плохие адгезионные свойства с металлами.

Наиболее распространённые твёрдые слоистые смазки.

Графит обладает антифрикционными свойствами в паре трения со сталью, чугуном и хромом. Несколько хуже эти свойства

с медью и алюминием. В присутствии воздуха и воднографитная смазка улучшает свои показатели. Графит адсорбируется на поверхности трения, образуя прочную плёнку, ориентированную в направлении скольжения. Наличие на поверхности металла плёнки оксидов облегчает адсорбцию графита, поэтому использование графита особенно эффективно для металлов, образующих прочную оксидную плёнку – хром, титан, несколько меньше сталь. Предел работоспособности графитной смазки равен  $600^{\circ}\text{C}$ . Из-за наличия свободных электронов графит обладает высокой электропроводностью, что способствует отводу электростатических зарядов и сохранению прочности смазочного слоя. С увеличением нагрузки и повышения температуры коэффициент трения графита возрастает. По стали коэффициент трения равен  $0,04\dots 0,08$ .

Дисульфид молибдена  $\text{MoS}_2$  – синевато-серый порошок с металлическим блеском, обладает хорошими адсорбционными свойствами по отношению к большинству чёрных и цветных металлов. Его смазочная способность обусловлена выраженным слоистым строением кристаллов и сильной поляризацией атомов серы в процессе трения. В отличие от графита при увеличении нагрузки и температуры коэффициент трения  $\text{MoS}_2$  уменьшается. Средняя величина коэффициента трения равна  $0,05\dots 0,095$ .

Несущая способность граничной смазочной плёнки дисульфида молибдена выше, чем у любых смазочных масел. При температуре выше  $500^{\circ}\text{C}$  дисульфид молибдена окисляется с выделением  $\text{SO}_2$ . К недостаткам можно отнести высокую химическую активность, в результате чего он легко вступает в реакцию с водой и кислородом. Поэтому максимальная температура ограничена  $450^{\circ}\text{C}$ . Водород восстанавливает дисульфид молибдена до металла.

Дисульфид вольфрама  $\text{WS}_2$  по сравнению с дисульфидом молибдена обладает большей термостойкостью. Предельная температура его применения равняется  $580^{\circ}\text{C}$ . У него больше стойкость к окислению и в 3 раза большая несущая способность. Химически дисульфид молибдена инертен, коррозионно неагрессивен, нетоксичен. Его применение ограничено высокой стоимостью. Из-за высокой плотности дисульфид молибдена мало используется в качестве добавки к маслам, так как затруднено получение однородной смеси с маслом. Рекомендуется использовать при температуре свыше  $450^{\circ}\text{C}$ .

Нитрид кремния имеет низкий коэффициент трения в парах со стальными деталями и некоторыми металлокерамическими материалами. Обладает хорошими механическими характеристиками



и высокой термической и термоокислительной устойчивостью до 1200<sup>0</sup> С. Благодаря сочетанию этих качеств нитрид кремния является перспективным материалом для изготовления деталей цилиндро-поршневой группы.

Нитрид бора обладает высокой термической и термоокислительной устойчивостью. Разлагается при температуре свыше 1000<sup>0</sup> С.

Фталоцианины (меди  $C_{32}H_{16}N_6Cu$ , железа  $C_{32}H_{16}N_8Fe$  и пр.) – металлосодержащие полициклические органические соединения, обладающие крупными плоскими молекулами со слабыми межмолекулярными связями. Наряду с физической адсорбцией они образуют хемосорбированные плёнки на поверхностях металлов. Фталоцианины имеют хорошую термическую стойкость до 650<sup>0</sup> С, стабильны при контакте с воздухом и водой. При температурах до 300<sup>0</sup> С коэффициент трения у них выше, чем у графита и дисульфида молибдена, но понижается до 0,03...0,05 с увеличением температуры до 500<sup>0</sup> С.

Из фталоцианинов делают защитный слой на юбках поршней.

Коэффициенты трения некоторых твёрдых слоистых смазок:

- дисульфид молибдена – 0,05;
- иодистый кадмий – 0,06;
- хлористый кадмий – 0,07;
- серноокислый вольфрам – 0,08;
- серноокислое серебро – 0,14;
- иодистый свинец – 0,28;
- графит – 0,10;
- хлористый кобальт – 0,10;
- иодистая ртуть – 0,18;
- бромистая ртуть – 0,06;
- иодистое серебро – 0,25.

Твёрдые смазки могут использовать и в качестве добавок к маслам. Большинство твёрдых смазок нерастворимы в углеводородах, поэтому их вводят в моторное масло в виде коллоидных дисперсий. При этом увеличивается ресурс узлов трения и снижается вероятность задира в условиях масляной недостаточности.

**Мягкие металлы.** Свинец, индий, олово, кадмий, медь, серебро, золото и т.д. обладают низкой прочностью на срез. Благодаря этому они используются как твёрдые смазки в виде тонких плёнок, наносимых на более прочные основы. Плёнки этих металлов ведут себя как масло. Кроме того, они облегчают и ускоряют процесс приработки. Важным требованием является высокая адге-

зия к материалу основы и низкая к материалу пары.

**Полимерные материалы** – фторопласт-4 (тефлон), капрон, нейлон, полиэтилен, политетрафторэтилен, полиамид и др. обладают смазывающими свойствами. Их наносят на поверхности трения в виде плёнок различной толщины или используют как прессованные проставки. Применение твёрдых смазок на основе полимеров ограничивается низкой термической стойкостью этих материалов, маленьким коэффициентом теплопроводности и большим коэффициентом теплового расширения.

Они имеют недостаточные механические свойства, поэтому для обеспечения прочности при средних и высоких нагрузках их армируют. Используемый для армирования материал должен быть мягче материала поверхности трения.

**Композиционные смазочные материалы.** Это комбинация отдельных видов твёрдых смазок, обеспечивающая оптимальное сочетание их смазывающих свойств, механической прочности и обрабатываемости.

Физически композиционные смазочные материалы представляют собой механическую смесь двух или более различных по свойствам твёрдых веществ. При этом одно вещество является основой, может образовывать структурный каркас, обеспечивающий механические свойства. Основа изготавливается из полимерных, металлических или керамических материалов. В основе зафиксирован материал, являющийся наполнителем, обеспечивающим смазочные свойства.

Полимерная основа имеет хорошие смазочные свойства, химическую инертность, более высокую, чем у металлов, усталостную прочность, малую массу, низкую чувствительность к местным нарушениям структуры – трещинам, надрезам. Наиболее термостойки материалы на основе ароматических полиамидов. Они могут длительное время эксплуатироваться при температуре до  $450^{\circ}\text{C}$ . Основными недостатками являются большой коэффициент термического расширения, низкие теплопроводность, термическая стойкость и стабильность.

В полимерных материалах наиболее часто в качестве наполнителей используются дисульфид молибдена, графит, нитрид бора, порошки алюминия, меди, никеля, молибдена и др.

Композиционные смазочные материалы на основе металлических материалов получают путём прессования и спекания из порошков металлов с последующей пропиткой полученной пористой основы твёрдыми слоистыми смазками, мягкими металлами или полимерами. Для получения материалов, работающих в особо

тяжёлых температурных условиях, в качестве основы используют никель, кобальт и их сплавы. В качестве наполнителя применяют материалы на основе молибдена или вольфрама.

Например, для получения направляющих втулок клапанов двигателя получили распространение композиционные смазочные материалы на металлической основе, поры которых заполнены фторопластом-4 с добавками сульфидов, селенидов и теллуридов молибдена, вольфрама. Такая смазка кроме смазочного действия обеспечивает высокую несущую способность и износостойкость.

Композиционные смазочные материалы на керамической основе обладают высокой термической и химической стойкостью. Для этого используют окислы бериллия, циркония и других металлов. Основным недостатком этих материалов является их хрупкость и низкая прочность на растяжение.

Узлы трения на основе композиционных смазочных материалов могут долгое время работать без дополнительного подвода смазки, вплоть до всего моторесурса узла. Большинство композиционных смазочных материалов хорошо работают совместно с жидкими и консистентными смазками. Это обеспечивает существенное повышение надёжности двигателя, особе в режиме недостатка масла. Для вкладышей коренных и шатунных подшипников можно использовать композиции из медно-молибденового материала  $\text{CuO} + \text{MoS}_2$ . Для подшипников распределительного вала применяют вкладыши, изготовленные из металлокерамических композиций на основе мягких металлов, насыщенных фталоцианиновой твёрдой смазкой. Изготавливают материал, состоящий из стальной ленты, на которую спеканием нанесён тонкий слой сферических частиц пористой оловянистой бронзы, пропитанной смесью фторопласта со свинцом. Сталь обеспечивает необходимую прочность подшипника, бронза – теплопроводность, смесь тефлона со свинцом – смазочные свойства.

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*; под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.
3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатацион-

Эксплуатационные материалы

ные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец.* – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов.* – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи.* – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев.* – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко.* – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

8. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки / *Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис.* – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2001. – 208 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВО-СМАЗЫВАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Экологические последствия использования нефтяных топлив проявляются в следующих направлениях:

1. Изменение химического состава атмосферы.
2. Загрязнение почвы и воды нефтепродуктами.
3. Токсическое последствие воздействия топлив на людей при непосредственном контакте.
4. Загрязнение воздуха городов токсичными веществами, содержащимися в отработавших газах.
5. Пожарная и взрывная опасность топлив.

Двигатели внутреннего сгорания являются основными потребителями углеводородного топлива, при сгорании которого расходуется кислород и выделяется диоксид углерода  $\text{CO}_2$  вместе с другими токсичными экологически вредными веществами. Ежегодно потребляется около 30 миллиардов тонн кислорода и выбрасывается в атмосферу свыше 50 миллиардов тонн диоксида углерода. В результате концентрация этого вещества в атмосфере Земли постоянно возрастает, что может привести к изменению соотношения между поглощённой и отражённой Землёй энергией Солнца и вызвать глобальные изменения климата.

Попадание нефтепродуктов на почву вызывает изменение её структуры, химического и микробиологического состава, а так же гидроаэрологического режима поверхностных слоёв, что, в конечном счёте, приводит к угнетению и гибели растений. Восстановление производительной способности загрязнённой почвы проходит очень медленно, например, урожайность и качества сельскохозяйственных земель восстанавливаются лишь через 5...8 лет.

При попадании нефтепродуктов в воду они растекаются, образуя тончайшую, стабильную плёнку, вплоть до мономолекулярной. Отсюда относительно небольшие количества нефтепродуктов перекрывают громадные количества воды, например, 1 тонна нефти покрывает плёнкой  $10 \text{ км}^2$  водной поверхности. Эта плёнка нарушает условия теплообмена водного бассейна с атмосферой, что влияет на климат планеты, вызывает загрязнение и гибель водной растительности и живых организмов. Разрушение таких плёнок под действием микробиологических процессов, растворения, окисления и выпадения в осадок происходит в течение длительного времени – до нескольких месяцев.

Большинство нефтепродуктов хорошо растворяется в био-

логических жирах и легко проникает в организм даже через неповреждённую кожу, вызывая при длительном воздействии изменение жизненно важных обменных процессов.

Токсичность топлив зависит от элементарного, группового и фракционного составов. Алканы (парафины) действуют на нервную систему как наркотики, токсичность изоалканов ниже, чем углеводородов нормального строения. Цикланы более токсичны, чем алифатические углеводороды. Наличие двойных связей увеличивает токсичность углеводородов. Токсичность смеси углеводородов выше токсичности отдельных её компонентов. Присутствие серо- и кислородосодержащих соединений усиливает токсичность нефтепродуктов.

Таким образом, с утяжелением фракционного состава, увеличением гетероорганических соединений и ростом числа компонентов в смеси токсичность топлива увеличивается. Основное токсичное воздействие оказывают пары топлив, поэтому, не смотря на более тяжёлый фракционный состав, дизельные топлива менее токсичны, чем бензины, так как их испаряемость ниже.

Входящий в состав этилированных бензинов тетраэтилсвинец является одним из сильнейших ядов, действующих на нервную систему человека через кожу, дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт. Он обладает кумулятивным свойством – способностью постепенно накапливаться в организме человека. Особая опасность этого вещества заключается в том, что отравление обнаруживается лишь в хронической форме. Слабое отравление вызывает тошноту, головные боли, быструю утомляемость, притупление памяти и другие болезненные проявления. Накопление тетраэтилсвинца в организме свыше определённых пределов вызывает тяжёлые нервно-психические расстройства, которые могут закончиться параличом или смертельным исходом. При попадании этилированного бензина на кожу или одежду лёгкие фракции его быстро испаряются, а тетраэтилсвинец остаётся ( $t_{кипения} = 200^0 \text{ C}$ ) и будет проникать в организм человека. В растительных продуктах питания, культивируемых в местах использования этилированного бензина, концентрация свинца может превысить нормы, безопасные для здоровья человека.

Таким образом, наряду с поисками конструкторских решений одно из основных направлений снижения токсичности отработавших газов и нефтепродуктов заключается в подборе качества и свойств топлив и смазочных материалов.

Процесс сгорания топлива проходит в условиях, значительно отличающихся от оптимальных. Сгорание топлива ухудшают:

- предельно малое время на процесс сгорания;
- малые объёмы камеры сгорания, и, следовательно, значительные теплотери в стенки и большое влияние пристеночного, относительно холодного слоя в газа на протекание реакции горения;
- физическая и химическая неоднородность горючей смеси;
- переменные по температуре и давлению условия сгорания, то есть работа большей частью на неустановившихся режимах.

Всё это приводит к неоднозначности хода реакции окисления топлива, его незавершённости и наличию продуктов неполного сгорания в отработавших газах. Большинство этих продуктов токсичные вещества:

- оксид углерода CO (угарный газ);
- оксиды азота NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>x</sub>;
- несгоревшие или не полностью сгоревшие углеводороды и продукты их термического разложения C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>;
- сажа;
- оксиды серы SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>;
- альдегиды, кетоны;
- соединения свинца и другие продукты неполного окисления.

**Оксид углерода** является продуктом неполного окисления углерода. Он образуется в основном при горении с недостатком воздуха ( $\alpha < 1$ ), может образовываться и при  $\alpha < 1$ , в результате диссоциации молекул CO<sub>2</sub> при относительно высоких температурах или, наоборот, при низких температурах, достаточных для развития начальных стадий окисления углерода в CO, но недостаточных для дальнейшего окисления CO в CO<sub>2</sub>. Например, в пристеночных слоях или при сгорании сильно обеднённых смесей. В дизелях, вследствие того что они работают при больших коэффициентах избытка воздуха, содержание CO в отработавших газах сравнительно невелико, менее 0,3 %. Попадая через лёгкие в кровь человека, оксид углерода образует с гемоглобином устойчивое соединения – карбоксигемоглобин, в результате чего наступает кислородное голодание. Длительное пребывание в среде с концентрацией CO до 650 мг/м<sup>3</sup> вызывает потерю сознания. Пребывание в среде с концентрацией более 2,5 тыс. мг/м<sup>3</sup> приводит к острым отравлениям, последствиями которых является стойкие нарушения деятельности центральной нервной системы до смертельного исхода. При частом и длительном пребывании в среде с концентрациями CO меньше указанных возникает хрони-

ческое отравление.

Содержащиеся в отработавших газах **углеводороды**  $C_nH_m$  представляют собой смесь многих химических соединений. Основной причиной наличия углеводородов является торможение процесса дегидрогенизации, происходящее, как по всему объёму камеры сгорания, так и наиболее интенсивное в пристеночных зонах камеры сгорания. Наличие углеводородов свидетельствует о плохой организации процесса смесеобразования и сгорания или значительной недостатке воздуха в смеси. Увеличение количества углеводородов наблюдается при работе холодного двигателя, при использовании горючей смеси, находящей вблизи пределов воспламенения – очень бедной или богатой, а также при недостаточно эффективной работе системы зажигания. Углеводороды и продукты, образующиеся при их взаимодействии с веществами, содержащимися в атмосферном воздухе, оказывают многостороннее отрицательное воздействие на человека и животных. В частности, образуются вещества обладающие:

- канцерогенными, способными вызывать злокачественные опухоли;
- тератогенными, приводящими к появлению врождённых уродств;
- мутагенными, вызывающими изменение наследственности;
- эмбриотоксическими, вызывающими поражение плода свойствами. К таким веществам относятся полициклические ароматические углеводороды, среди которых наибольшее биологическое воздействие оказывает бензапирен. Это вещество образуется в результате разложения и полимеризации тяжёлых фракций топлива и моторного масла при недостатке воздуха. При температурах свыше  $910^{\circ}C$  бензапирен разлагается. Вследствие высокой температуры плавления –  $180^{\circ}C$  – и кипения  $310^{\circ}C$  – бензапирен в чистом виде практически не представляет опасности для загрязнения воздуха. Однако он адсорбируется сажевыми частицами, выбрасываемыми в виде дыма с отработавшими газами, и попадает в таком виде в атмосферу.

**Альдегиды** и другие продукты неполного окисления топлива образуются при нарушении процессов сгорания смеси, связанных с прекращением реакции горения на этапе образования промежуточных продуктов. Это может происходить, в частности, в зонах камеры сгорания с переобеднённой или переобогащённой рабочей смесью, на режимах запуска или прогрева двигателя.

Соединения **свинца** образуются в реакциях с носителем



свинцоводержащих антидетонационных присадок при сгорании этилированных бензинов. В атмосфере они присутствуют в виде аэрозолей.

**Сажа** является продуктом пиролиза и крекинга топлива, происходящих в результате его высокотемпературного нагрева при недостатке кислорода. Такие условия характерны для дизелей из-за температурной и концентрационной неоднородности заряда. В результате возможно соседство высокотемпературных зон горения с зонами, переобогащёнными топливом. Большая часть сажи сгорает в цилиндре и только около 1 % выбрасывается с отработавшими газами, образуя дымный выхлоп. Количество сажи зависит от способа смесеобразования. Дымность вихрекамерных и предкамерных дизелей меньше, чем у двигателей с непосредственным впрыском. Наибольшее образование сажи происходит при впрыске последних порций топлива, которые попадают не в воздух, а в высокотемпературные продукты сгорания. С утяжелением фракционного состава и увеличением соотношения углерода к водороду в топливе его склонность к сажеобразованию возрастает. Значительное влияние на образование сажи и её выделению с отработавшими газами оказывает групповой состав топлива. Склонность к образованию сажи у ароматических углеводородов в среднем в 10 раз больше, чем у олефиновых, которые в свою очередь образуют в 2 раза больше сажи, чем парафиновые. Наибольшее количество сажи дают топлива, содержащие тяжёлые ароматические углеводороды. Сажа является загрязнителем воздуха, но не обладает выраженными токсичными свойствами. Но она является переносчиком адсорбированных на её поверхности вредных веществ, например бензапирена.

Образование **оксидов азота**  $\text{NO}_x$  непосредственно не связано с реакциями горения топлива и обусловлено процессами диссоциации и цепных реакций кислорода и азота в условиях высоких температур и давлений, при которых молекулы азота и кислорода разлагаются на атомы. Энергия активации этой реакции достаточно велика, поэтому она может протекать лишь при высоких температурах, более  $1600^{\circ}\text{C}$ . При быстром снижении температуры происходит замораживание первоначальной концентрации  $\text{NO}_x$  на уровне, близком к максимальному значению температуры. Образование оксидов азота при увеличении количества кислорода в смеси возрастает. В двигателях с принудительным воспламенением концентрация оксидов азота в отработавших газах наблюдается при коэффициенте избытка воздуха 1,02...1,08. При обеднении смеси снижается температура, при обогащении – со-

кращается количество кислорода; и то и другое ведёт к уменьшению образования оксидов азота. Непосредственно в зоне пламени образуется только NO и далее при наличии свободного кислорода в камере сгорания, в выпускном тракте или в атмосфере происходит образование высших оксидов азота. Локальные температуры в зонах камеры сгорания дизеля могут быть выше, чем в двигателях с принудительным воспламенением. Это приводит к увеличению концентрации  $\text{NO}_x$  в их отработавших газах.

**Оксиды сера**  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$  появляются в отработавших газах из-за применения топлив, недостаточно очищенных от соединений серы, которые содержались в нефти. Оксиды серы оказывают вредное влияние на живые организмы, замедляют и даже прекращают рост растительности, увеличивают заболеваемость и сокращают продолжительность жизни человека. Оксиды серы при соединении с влагой образуют серную и сернистую кислоты, вызывающие повышение кислотности атмосферы и водоёмов, интенсивную коррозию металлических конструкций, а также ускоренные разрушения зданий и сооружений.

В среднем современный автомобиль в течение года эксплуатации выделяет в окружающую среду 800 кг окислов углерода, 115 кг углеводов и 38 кг оксидов азота. Более 80 % веществ, загрязняющих атмосферу городов, дают двигатели внутреннего сгорания. Это приводит к увеличению заболеваемости людей в 1,5...2 раза.

Различают активные и пассивные методы снижения токсичных веществ в отработавших газах.

Активные методы основаны на воздействии на рабочий процесс двигателя для уменьшения образования токсичных веществ и использовании топлив, дающих при сгорании минимальное количество таких веществ. Пассивные методы основаны на нейтрализации в выпускной системе двигателя уже образовавшихся токсичных продуктов.

Оксид углерода и углеводороды являются продуктами неполного сгорания топлив, поэтому снизить их в отработавших газах можно путём обеднения рабочих смесей, введением в топливо присадок, интенсифицирующих процесс сгорания и расширяющих концентрационные пределы воспламеняемости, внедрением в конструкцию двигателя мероприятий, обеспечивающих устойчивое протекание рабочего процесса на обеднённых смесях, улучшением процессов смесеобразования. Кроме того, уменьшения токсичных отработавших газов можно за счёт использования топлив, обеспечивающих большую полноту сгорания топлива – сжа-

тых и сжиженных газов и т.д. Работа на технически исправном автомобиле является важным условием снижения токсичности отработавших газов

К пассивным методам снижения токсичности отработавших газов относят дожигатели и каталитические нейтрализаторы, в которых продукты неполного сгорания дожигаются в присутствии катализатора или без него. В табл. 19 представлено содержание токсичных компонентов в отработавших газах бензиновых и дизельных двигателей.

**Пожарная опасность** топлива определяется их огнеопасностью и взрывоопасностью. Их определяют следующими показателями качества: температура вспышки, температура воспламенения и самовоспламенения, предельной концентрацией смеси паров топлива с воздухом, в пределах которой смесь взрывоопасна (верхний и нижний предел).

Таблица 19

**Содержание токсичных компонентов в отработавших газах, %**

Компонент	Содержание компонента	
	Бензиновый	Дизельный
Оксид углерода	6,0	0,5
Оксиды азота	0,5	0,25
Углеводороды	0,05	0,01
Альдегиды	0,03	0,002
Сажа	0,05	0,25

*Температура вспышки* зависит от фракционного состава. При прочих равных условиях эта температура тем ниже, чем больше в топливе низкокипящих углеводородов и выше давление насыщенных паров (табл. 20). Для большинства топлив *температура воспламенения* на  $10^0$  С выше температуры вспышки, причём чем ниже температура вспышки, тем меньше эта разница.

Возникновение в топливо-воздушной смеси *взрывоопасной* концентрации тем вероятнее, чем выше давление насыщенных паров и ниже температура начала кипения. Поэтому взрывоопасность бензина намного выше, чем дизельного топлива. Можно считать правилом, что горение в ёмкостях бензина или керосина обязательно сопровождается взрывом.

Таблица 20

**Температура вспышки нефтепродуктов, °С**

<b>Топливо</b>	<b>Температура вспышки в закрытом тигле</b>	<b>Масло</b>	<b>Температура вспышки в открытом тигле</b>
Бензин автомобильный Дизельное Мазут	– 50 40...60 80...100	Моторное Моторное загущенное Цилиндровые Индустриальные	190...235 165...180 300...310 120...240

**Библиографический список**

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*, под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи*. – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев*. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко*. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

### Охлаждающие жидкости

Часть тепла, выделяющегося в процессе сгорания топлива в двигателе, идёт на нагревание деталей двигателя. При этом из-за очень высоких температур стенок камеры сгорания теряется мощность двигателя, так как ухудшается наполнение цилиндров. Кроме того, ухудшаются условия смазывания, появляется детонация, калильное зажигание, усиленное нагаро- и лакообразование, повышенное трение и изнашивание деталей и т.д. Чтобы предотвратить перегрев деталей, их охлаждают. Система охлаждения двигателя в зависимости от его быстроходности и мощности отводит 15...35 % теплоты, образующейся при сгорании топлива. В бензиновых и газовых двигателях доля отводимой теплоты больше, чем в дизелях. Система охлаждения может быть воздушной или жидкостной. Наибольшее распространение на автомобильных двигателях получили жидкостные системы охлаждения.

В двигателях внутреннего сгорания в блоке и головке блока цилиндров между двойными стенками находится рубашка системы охлаждения, заполняемая жидкостью. Охлаждающая жидкость отводит тепло от стенок и отдаёт тепло воздуху, проходящему через радиатор. При этом охлаждающая жидкость циркулирует в замкнутом пространстве системы охлаждения, нагреваясь в блоке и головке цилиндров и охлаждаясь в радиаторе. Для обеспечения нормальной работы двигателя охлаждающая жидкость должна удовлетворять определённым требованиям.

Основными являются следующие требования:

- Минимальная температура замерзания;
- Максимальная температура кипения;
- Минимальный коэффициент объёмного расширения;
- Минимальная вязкость;
- Отсутствии воспламеняемости;
- Отсутствии вспенивания;
- Физическая и химическая стабильность;
- Не вызывать изменения свойств конструкционных материалов;
- Высокая теплоёмкость и теплопроводность.

Жидкостей удовлетворяющих всем этим условиям одновременно нет. Наибольшее распространение получили вода и антифризы.

**Вода.** Достоинства воды:

- доступность;

- безопасность (пожарная и взрывная);
- безвредность (отсутствие токсичности);
- высокая удельная теплоёмкость 4,19 кДж/(кг\*К).

Недостатки воды:

- высокая температура замерзания ( $\approx 0^{\circ}\text{C}$ );
- увеличение объёма образующегося льда по сравнению с объёмом жидкости на 10 % при замерзании;
- низкая температура кипения ( $100^{\circ}\text{C}$ );
- способность образования отложений.

В результате второго недостатка при низких температурах окружающего воздуха давление на стенки может возрасти до 250 МПа, что приводит к разрушению элементов системы охлаждения.

Для частичного устранения третьего недостатка систему охлаждения герметизируют, устанавливая на пробке радиатора два клапана: воздушный и паровой. Благодаря этому температура кипения воды в системе охлаждения несколько увеличивается ( $\approx 119^{\circ}\text{C}$ ). Это, кроме того, позволяет увеличить температурный перепад в системе охлаждения и тем самым повысить эффективность теплообменных процессов. В результате можно снизить количество охлаждающей жидкости, уменьшить потребную поверхность радиатора, и сократить теплотери в охлаждающую жидкость.

Накипь называют плотные отложения, образующиеся на нагретых стенках системы охлаждения. Накипь состоит из выделившихся из воды солей калия и магния, взвешенных продуктов коррозии и механических загрязнений. Шламом называют илоподобные частицы и элементы разрушения накипи минерального или органического происхождения, скапливающиеся в застойных полостях рубашки охлаждения и в нижнем бачке радиатора.

Образование отложений в системе охлаждения ухудшает теплоотдачу стенок рубашки системы охлаждения на 40 %, так как накипь имеет низкую теплопроводность, и уменьшает сечение трубок радиатора и всех проходных сечений. Как следствие двигатель перегревается, что ведёт к увеличению расхода топлива. Отложения в системе охлаждения образуются в виде накипи и шлама.

Соли кальция и магния придают воде свойство, называемое жёсткостью воды, которое измеряется в мг-эквивалентах солей на 1 л воды. Жёсткость воды 1 мг-экв/л означает, что в воде содержится 20,04 мг/л ионов кальция или 12,16 мг/л ионов магния. Мягкой вода считается при содержании в ней солей до 4 мг-экв/л ( $< 3 \text{ моль/м}^3$ ), средней – при 8 мг-экв/л ( $3...6 \text{ моль/м}^3$ ),

жёсткой – при  $\geq 8$  мг-экв/л ( $> 6$  моль/м<sup>3</sup>). Принято считать мягкой атмосферную воду (дождь, снег) мягкой, речную и озёрную – средней, колодезную и ключевую – жёсткой. Различают жёсткость временную, постоянную и общую.

Временная жёсткость характеризует содержание в воде в основном двух соединений – бикарбоната кальция  $Ca(HCO_3)_2$  и бикарбоната магния  $Mg(HCO_3)_2$ . Эти соли находятся в воде только при наличии в ней некоторого количества свободной углекислоты. При кипячении свободная углекислота удаляется, и соли временной жёсткости распадаются на карбонаты, выпадающие в осадок, и диоксид углерода, уходящий в атмосферу:



↓



↓

Таким образом, при кипячении бикарбонаты удаляются из воды, поэтому обусловленную их присутствием жёсткость называют временной, то есть устранимой. Перед заливкой воду можно прокипятить и заливать в радиатор после фильтрования. При отсутствии такой обработки соли временной жёсткости выпадают в накипь при первом же закипании в радиаторе. При этом происходит снижение временной жёсткости. Поэтому не следует часто менять воду в системе охлаждения.

Постоянная жёсткость определяется присутствием в воде более стойких солей: сульфаты (гипс  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ), хлориды ( $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ), силикаты  $CaSiO_3$ ,  $MgSiO_3$  и др. Эти соединения при кипячении не разлагаются и не выпадают в осадок, если их концентрация не превосходит предел насыщения. Такие условия создаются при испарении части воды. Гипс, в отличие от большинства минеральных солей, обладает отрицательной растворимостью при повышении температуры растворимость гипса в воде уменьшается и его избыток выпадает в виде накипи. Присутствие гипса в накипи придаёт ей прочность и жёсткость.

Общей жёсткостью называют сумму временной и постоянной жёсткости.

Воду средней и высокой жёсткости перед использованием в системах охлаждения рекомендуется «умягчать».

Простейший способ умягчения – кипячение воды с последующей фильтрацией.

Другой способ – добавление соды и гашёной извести, что приводит к выпадению в осадок соединений кальция и магния, с

последующей фильтрацией.

Наиболее эффективный способ- фильтрация воды через катионитовые фильтры. Катиониты – это вещества, способные вступить в ионообменную реакцию с растворёнными в воде солями. Они поглощают из воды ионы щелочноземельных элементов.

Снизить жёсткость воды можно так же путём её магнитной обработки. При прохождении воды через магнитное поле, растворённые в ней соли выделяются в виде хлопьев. Затем воду фильтруют.

Вещества, называемые антинакипинами, позволяют предотвратить образование накипи обработкой воды непосредственно в системе охлаждения. Их особенно необходимо добавлять в полевых условиях при отсутствии «мягкой» воды. Соли, находящиеся в воде, при добавлении антинакипинов, переходят в рыхлое состояние или удерживаются в виде перенасыщенного раствора. К антинакипинам относятся гексаметафосфат натрия  $(\text{NaPO}_3)_6$ , хромпик  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , ортофосфат натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и др.

Воду, предназначенную для системы охлаждения, необходимо предохранять от попадания в неё нефтепродуктов. Эти вещества уменьшают теплопроводность накипи и, следовательно, усугубляют её вред. Кроме того, они вызывают вспенивание воды и её выброс из системы охлаждения.

Из системы охлаждения шлам можно удалить многократной поочерёдной промывкой водой и продувкой сжатым воздухом. Для удаления накипи используют растворы веществ, обеспечивающих разрушение нерастворимых в воде солей накипи. Соли временной жёсткости удаляют кислыми растворами, постоянной – щелочными.

Все составы для удаления накипи, как и вода, оказывают коррозионное воздействие на металлы, особенно цветные.

Отложение накипи герметизирует систему охлаждения. Поэтому после её удаления, как правило, появляется течь в системе охлаждения.

При удалении накипи из системы охлаждения удаляют термостат, затем заливают раствор и выдерживают его в соответствии с инструкцией. После этого двигатель запускают и дают поработать 10...20 минут. После остановки двигателя раствор из него сливают и промывают систему охлаждения 2...3 раза водой. Для предотвращения коррозии промывку рекомендуется проводить 1 % раствором хромпика.

**Антифризы.** Антифризы необходимо заливать в систему охлаждения двигателя при температурах окружающего воздуха



ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , так как вода при низких температурах замерзает и в значительной степени увеличивает объём. В качестве антифризов используют смеси воды со спиртами, воды с глицерином, смеси углеводов. Наибольшее распространение получили смеси на основе двухатомного спирта-этиленгликоля ( $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ). Этиленгликоль – это прозрачная бесцветная вязкая жидкость без запаха. Кипит этиленгликоль при  $197^{\circ}\text{C}$ , застывает – при  $-11,5^{\circ}\text{C}$ . Однако смеси этиленгликоля с водой застывают при более низких температурах. Меняя соотношение воды и этиленгликоля, можно получить смеси с температурой застывания от  $0$  до  $-70^{\circ}\text{C}$ . Понижение температуры замерзания водно-этиленгликолевого при увеличении количества воды объясняется появлением гидрата этиленгликоля, обладающего низкой температурой застывания. Минимальная температура замерзания раствора –  $73^{\circ}\text{C}$  при содержании  $33\%$  воды. Дальнейшее увеличение количества воды ведёт к росту температуры замерзания.

Поскольку вода и этиленгликоль имеют разную плотность, а при их смешении плотность изменяется аддитивно, оказалось возможным по плотности предсказать температуру застывания антифриза.

В связи с тем, что этиленгликоль оказывает коррозионное действие на металлы, в состав антифризов вводят антикоррозионные присадки:  $1\text{г/л}$  декстрина (для защиты алюминия, меди, свинцово-олового припоя),  $2,5\text{...}3,5\text{ г/л}$  динатрийфосфата (для защиты стали, чугуна, латуни, меди). Для предотвращения вспенивания в состав антифриза вводят антипенные присадки.

При испарении водных растворов этиленгликоля пар содержат значительно больше воды, чем этиленгликоля. Поэтому в условиях эксплуатации от испарения теряется практически только вода.

Из-за большого коэффициента объёмного расширения, при нагревании до рабочей температуры объём этиленгликолевых жидкостей увеличивается на  $6\text{...}8\%$ . При застывании объём образующейся кашеобразной массы увеличивается очень незначительно и размораживания системы охлаждения не происходит.

Характерные особенности этиленгликолевых антифризов:

1. Увеличение на  $6\text{...}8\%$  объёма при рабочей температуре.
2. Теплопроводность, теплоёмкость и плотность антифризов при равных температурах примерно на  $15\%$  ниже этих показателей для воды. Отсюда температурный режим двигателя, охлаждаемого антифризом, выше, чем при охлаждении водой. Например, температура поршня возрастает на  $10\text{...}15^{\circ}\text{C}$ . Это мо-

жет привести к некоторому снижению мощности, экономичности и детонации при высоких температурах окружающего воздуха.

3. Из-за более высокой температуры кипения и низкого давления насыщенных паров этиленгликоля по сравнению с водой при эксплуатации двигателя выкипает прежде всего вода. Поэтому при уменьшении жидкости в системе охлаждения из-за испарения необходимо добавлять воду.

4. Антифризы по сравнению с водой обладают более высокой подвижностью и проницаемостью. Поэтому к системе охлаждения с антифризом предъявляются более высокие требования по герметичности.

5. При замерзании антифризы образуют рыхлую массу с незначительным увеличением объёма. Поэтому механические повреждения систем охлаждения при замерзании антифриза исключены.

6. Антифризы разрушают детали, изготовленные из некоторых сортов резины.

Наибольшее распространение получили низкотемпературные жидкости 40, 65, а так же тосолы А-40 и А-65. В других литературных источниках их обозначают ОЖ-40, ОЖ-65.

Жидкость марки 40 представляет собой смесь 53...56 % этиленгликоля и 44...47 % воды и имеет температуру застывания не выше  $-40^{\circ}\text{C}$  и плотность  $1065...1085\text{ кг/м}^3$ . Жидкость марки 65 содержит 64...66 % этиленгликоля и 34...36 % воды и имеет температуру застывания не выше  $-65^{\circ}\text{C}$  и плотность  $1085...1100\text{ кг/м}^3$ .

Иногда кроме вышеназванных присадок в жидкости добавляют молибденовокислый натрий, что улучшает их антикоррозионные свойства в отношении цинковых и хромовых покрытий. Такие антифризы имеют индексы 40М и 60М.

Кроме того, выпускают «тосол-А» (ОЖ-К), представляющий собой концентрированный этиленгликоль с присадками и плотностью  $1100...1150\text{ кг/м}^3$ . Пользоваться им можно только после разведения дистиллированной водой. Смесь «Тосола-А» и воды в соотношении 1:1 имеет температуру начала кристаллизации  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Кроме «тосола» выпускают низкотемпературную жидкость «Лена» с такими же характеристиками. «Тосол» имеет голубой цвет, «Лена» – жёлто-зелёный. Смешивать их при эксплуатации можно. Плотность низкотемпературных жидкостей измеряют «гидрометром», показывающим плотность/температуру застывания.

С течением времени присадки в антифризе подвергаются

Эксплуатационные материалы

распаду, вследствие чего качество антифриза ухудшается. Поэтому срок эксплуатации антифриза 2 года или 60 тыс. км пробега при интенсивной эксплуатации.

Этиленгликоль и его растворы токсичные вещества, при попадании в желудочно-кишечный тракт вызывают отравление с поражением центральной нервной системы и органов кровообращения.

**Высокикипящие охлаждающие жидкости.** Для охлаждения высокофорсированных двигателей используют жидкости, с температурами кипения выше 100<sup>0</sup> С. Такие жидкости состоят из смеси высокомолекулярных спиртов, гликолей и эфиров, выкипающих при температуре 110...120<sup>0</sup> С. Их применение позволяет уменьшить теплотери в систему охлаждения и интенсифицировать процесс теплопередачи, что приводит к уменьшению поверхности радиатора и мощности, затрачиваемой на привод насоса системы охлаждения. Основные свойства этих жидкостей приведены в табл. 21.

**Тормозные жидкости**

Тормозные жидкости используют в тормозных системах с гидравлическим и пневмогидравлическим приводом.

Они должны обладать хорошими вязкостно-температурными и смазывающими свойствами, физической и химической стабильностью, а так же быть инертными по отношению к металлам, резиновым деталям гидропривода.

Таблица 21

**Свойства охлаждающих жидкостей**

Свойства жидкости	Температура застывания	
	не выше – 40 <sup>0</sup> С	не выше – 60 <sup>0</sup> С
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	1100	1050
Температура начала кипения, <sup>0</sup> С	130...145	130...140
Температура конца кипения, <sup>0</sup> С	–	195...210
Содержание механических примесей, % не более	0,005	0,005
Вязкость, мм <sup>2</sup> /с:	–	410
– 35 <sup>0</sup> С	500	320
– 30 <sup>0</sup> С		

Внешний вид	Прозрачная      бесцветная или слабомутная      желтоватая жидкость
-------------	--

Жидкость в системе привода обычно имеет температуру окружающего воздуха. Однако в колёсных тормозных цилиндрах за счёт тепла, выделяемого при трении в тормозных механизмах, жидкость нагревается. Закипание жидкости не допускается, так как при этом нарушается главное условие работы привода – несжимаемость жидкости. Пары жидкости уменьшаются в объёме даже при небольших давлениях и поэтому, передаваемое по гидросистеме усилие не доходит до рабочих колёсных цилиндров. То же самое происходит при попадании воздуха в гидропривод. Часть системы вместо несжимаемой жидкости наполняется легко сжимаемым воздухом и педаль тормоза проваливается.

**Ассортимент тормозных жидкостей.** Тормозные жидкости выпускают на основе растительного масла (чаще всего касторового) или гликолей (двухатомных спиртов).

Касторовое масло имеет высокие смазывающие свойства и не вызывает набухания или размягчения резины и изготовленных из неё уплотнительных деталей. Однако высокая вязкость и относительно высокая температура застывания ( $-16^{\circ}\text{C}$ ) исключает использование касторового масла в чистом виде. Поэтому тормозные жидкости готовят смешением касторового масла со спиртами – изопентанол, бутанол, этанол. Попадание воды в такие смеси приводит к снижению концентрации спирта, что вызывает расслоение жидкости. Такие смеси имеют низкую температуру застывания, однако уже при  $-20^{\circ}\text{C}$  происходит интенсивная кристаллизация составляющих касторового масла. Поэтому касторовые тормозные жидкости при температурах ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  применять не рекомендуется.

Жидкости на основе гликолей и этилкарбитаола по многим свойствам превосходят спиртокасторовые смеси. Они имеют хорошие низкотемпературные свойства (не замерзают при  $-60^{\circ}\text{C}$ ), низкую испаряемость и высокую температуру вспышки. Все эти смеси нейтральны по отношению к резиновым немаслостойким деталям, так что могут применяться в тормозной системе автомобилей с обычными резиновыми уплотнителями. Эти жидкости нельзя смешивать со спиртокасторовыми жидкостями, так как происходит выпадение касторового масла. Применение жидкостей на основе гликолей и этилкарбитаола обеспечивает работу гид-

равлического привода при температурах окружающего воздуха + 50...– 50° С. Все эти жидкости токсичны.

**«Нева»** – тормозная жидкость на основе 51...59 % этилкарбитола, 31...34 % диолов, 5 % эфиров и 13,5 % смесей гликолей и полигликолей, а также вязкостная и противокоррозионная присадки. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого, прозрачная. Она рекомендуется для легковых автомобилей.  $t_{\text{кипения}} = 190...195^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{применения}} = +50...-50^{\circ}\text{C}$ . Плотность при 20° С 1012...1015 кг/м<sup>3</sup>. Жидкость огнеопасна, при попадании на кожу вызывает дерматит.

**«Томь»** – состоит из этилкарбитола, боратов, загущающих, антикоррозионных и противоизносных присадок. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого.  $t_{\text{кипения}} = 205...220^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{применения}} = +50...-50^{\circ}\text{C}$ . При  $t_{\text{окружающего воздуха}}$  ниже – 40° С допускается добавка до 20 % этилового спирта.

**«Роса»** – тормозная жидкость на основе боросодержащих олигомеров алкиленоксидов, в которую введены антиокислительная и антикоррозионная присадки.  $t_{\text{кипения}} = 260^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{применения}} = +50...-50^{\circ}\text{C}$ . Имеет цвет от светло-жёлтого до светло-коричневого. Жидкость «Роса ДОТ-4» превосходит «Росу» по эксплуатационным свойствам.

**БСК** – смесь равных частей касторового масла и бутанола (50х50%), окрашена в оранжево-красный цвет. В автомобилях ВАЗ не применяется. Рекомендуется использовать в зонах умеренного климата не ниже – 20° С из-за кристаллизации касторового масла, которая уже начинается при – 5° С.  $t_{\text{кипения}} = 115^{\circ}\text{C}$ . Плотность при 20° С 890...9000 кг/м<sup>3</sup>. Жидкость обладает хорошими смазывающими свойствами, не вызывает большого набухания или размягчения уплотнительных деталей тормозной системы.

**АСК** – смесь равных частей касторового масла и с изопентенолом.

**ЭСК** – смесь равных частей касторового масла и с этанолом. Жидкости АСК и ЭСК рекомендуется использовать в том же температурном диапазоне, что и жидкость БСК. Эти жидкости могут давать при высоких температурах паровые пробки, так как имеют низкую температуру кипения (этанол кипит при 78° С).

**ГТЖ-22** – жидкость на основе двухатомных спиртов.

**ГТЖ-22** – так же жидкость на основе двухатомных спиртов с антикоррозионной и противоизносной присадками. Эти жидкости имеют зелёный цвет, застывают при температуре не выше – 65° С., ядовиты.

## Амортизаторные жидкости

Амортизаторные жидкости используют в качестве жидкой среды в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей и других машин. Работа амортизатора основана на поглощении кинетической энергии колебания поддрессоренных масс при протекании под давлением жидкости через узкие отверстия из одной полости в другую. Эти жидкости должны иметь пологую вязкостно-температурную характеристику, низкую температуру застывания (*кратко: замёрзнет – амортизатор не работает – устойчивость движения и комфортабельность езды ухудшаются, но главное устойчивость, так как связано с безопасностью*), необходимую вязкость.

Температура амортизаторных жидкостей может изменяться от температуры окружающего воздуха, например, – 50° С в северных районах, до + 120...140° С при работе. Давление жидкости в амортизаторах достигает 8...12 МПа. Основное требование к амортизаторным жидкостям – оптимальная вязкость с минимальными изменениями во всём рабочем диапазоне температур.

**АЖ-170** – смесь полиэтилсилоксанов с очищенным нефтяным маслом. Применяют в интервале температур – 60...+ 130° С,  $t_{\text{вспышки}} = 245^{\circ} \text{С}$ .

**МГП-10** – смесь маловязкого трансформаторного масла и синтетической полиэтилсилоксановой жидкости, в которую для улучшения эксплуатационных свойств введены: осернённый кашалотовый жир, полимерная депрессорная, а также антиокислительная и антипенная присадки. Застывает жидкость при – 40° С,  $t_{\text{вспышки}} = + 150^{\circ} \text{С}$ ,  $t_{\text{застывания}} = - 40^{\circ} \text{С}$ .

**МГП-12.** В состав её входят антиокислительные и противопенные присадки. Кинематическая вязкость при 50° С 12 мм<sup>2</sup>/с.

**АЖ-12Т** – фракция трансформаторного масла, загущена полиэтилсилоксановой жидкостью с добавлением противоизносной и антиокислительной присадок. Кинематическая вязкость при 50° С 10 мм<sup>2</sup>/с,  $t_{\text{застывания}} = - 55^{\circ} \text{С}$ , что обеспечивает мягкую работу амортизаторов в любое время года. Это прозрачная жидкость от светло-жёлтого до светло-коричневого цвета.

Широко используют заменители амортизаторных жидкостей:

**АУ (МГ-22-А) и АУП (МГ-22-Б).** Однако у них высокая температура застывания и неудовлетворительная вязкостно-температурная характеристика. Их вязкость быстро возрастает при понижении температуры окружающего воздуха. В связи с этим увеличивается жёсткость работы амортизаторов.

**Смесь турбинного и трансформаторного масел** в соотношении примерно 1:1. Однако эта смесь не в полной мере отвечает требованиям, так как имеет недостаточно хорошую вязкостно-температурную характеристику и высокую температуру застывания –  $-30^{\circ}\text{C}$ .

### Гидравлические масла

В некоторых вспомогательных механизмах автомобилей могут использоваться гидравлические масла. Они должны обладать хорошими смазывающими свойствами, химической стабильностью, не разлагаться и не расслаиваться, не разъедать цветные и чёрные металлы, резину и кожу.

Обозначение гидравлических масел производится в соответствии с **ГОСТ 17479.3-85 «Обозначение нефтепродуктов. Масла гидравлические»**. Обозначение состоит из группы знаков, первая из которых обозначается буквами **МГ** (минеральное гидравлическое); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости при  $40^{\circ}\text{C}$  (табл. 20); третья – обозначается буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам (табл. 22).

Таблица 22

#### Класс вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при $40^{\circ}\text{C}$ , $\text{мм}^2/\text{с}$
5	4,14...5,06
7	6,12...7,48
10	9,00...11,00
15	13,50...16,50
22	19,80...24,20
32	28,80...35,20
46	41,40...50,60
68	61,20...74,80
100	90,00...110,00
150	135,00...165,00

Наибольшее распространение получили следующие гидравлические масла:

**Масло веретённое АУ (МГ-22-А)** используют в различных гидравлических передачах, амортизаторах, гидроусилителях руля, для смазывания узлов и механизмов, работающих в услови-

ях низких температур, а также в станках, работающих при частоте вращения до 160 мин<sup>-1</sup>.

Плотность масла 886...896 кг/м<sup>3</sup>,  $t_{\text{застывания}} \approx -45^{\circ}\text{C}$ . Обеспечивает пуск механизма при температуре выше  $-35^{\circ}\text{C}$ . Кратковременный верхний предел температуры  $90^{\circ}\text{C}$ , оптимальная рабочая температура 50...60<sup>0</sup> С. Вырабатывается из низкозастывающих нефтей, подвергающихся очистке.

**Масло гидравлическое АУП (МГ-22-Б)** обладает хорошими противокоррозионными и антиокислительными свойствами, содержит до 2 % присадок. Обеспечивает пуск гидросистемы без предварительного прогрева при температурах выше  $-35^{\circ}\text{C}$ . Максимальная кратковременно допустимая температура масла при эксплуатации  $125^{\circ}\text{C}$ , оптимальная рабочая температура 50...60<sup>0</sup> С,  $t_{\text{застывания}} \approx -45^{\circ}\text{C}$ . Масло получают из низкозастывающих нефтей с добавлением антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и противопенной присадок.

**Масло гидравлическое ВМГЗ (МГ-15-В)** используют в средней полосе нашей страны в летний и зимний период в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем автотехники при температуре масла в системе от  $-70$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Максимальная кратковременно допустимая температура масла при эксплуатации  $90^{\circ}\text{C}$ , оптимальный температурный режим 35...40<sup>0</sup>С,  $t_{\text{застывания}} \approx -60^{\circ}\text{C}$ . Вырабатывается из низкозастывающих нефтей с добавлением антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и противопенной присадок.

**Масло МГ-30У** получают из гидравлического масла **МГ-30 (МГ-46-В)**, в которое добавляют 1,5 % присадки ДФ-11, и применяют в объёмных гидроприводах ведущих колёс сельскохозяйственной техники. Масло имеет высокие противоизносные, противозадирные, вязкостные свойства, которые не изменяются в процессе длительной работы на максимальных нагрузочных режимах.

**Масло Р (МГ-22-В)** для гидрообъёмных систем автомобилей производят на основе веретённого масла АУ, в которое добавляют моющую, противоизносную, антиокислительную и противопенную присадки. Масло обеспечивает запуск систем при температурах выше  $-35^{\circ}\text{C}$  без специального подогрева. Максимальная кратковременно допустимая при эксплуатации температура масла  $125^{\circ}\text{C}$ , оптимальная рабочая температура 50...60<sup>0</sup> С,  $t_{\text{застывания}} \approx -45^{\circ}\text{C}$ .



Таблица 23  
**Группы гидравлических масел по эксплуатационным свойствам**

Группа масла	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестерёночными, поршневыми насосами, работающие при давлении до $15 \cdot 10^3$ МПа и температуре масла в объёме до $80^{\circ}$ С
Б	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до $25 \cdot 10^3$ МПа и температуре масла в объёме более $80^{\circ}$ С.
В	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше $25 \cdot 10^3$ МПа и температуре масла в объёме более $90^{\circ}$ С.

**Индустриальное масло И-ЛГ-А-15 (И-12А)** применяют для гидроусилителя руля и других систем автомобилей в зимний период, а масло **И-Г-А-32 (И-20А)** – в летний период.

### Пусковые жидкости

Пусковые свойства двигателей зависят от качества применяемых топлив и масел. Пуск двигателей при низких температурах облегчается при использовании бензинов с большим количеством лёгких фракций, дизельных топлив с высоким цетановым числом и масел с небольшой вязкостью при низких температурах. Однако даже очень хорошие топлива не могут обеспечить одновременно и пуск двигателя при низких температурах, и бесперебойную работу прогретого двигателя. В связи с этим широкое распространение получают специальные жидкости, с помощью которых осуществляется запуск двигателя при низких температурах.

В нашей стране применяют две жидкости: «Холод Д-40» для дизелей и «Арктика» для бензиновых двигателей.

Обязательным компонентом пусковых жидкостей является этиловый эфир  $C_2H_5-O-C_2H_5$ . У него низкая температура само-

воспламенения, высокое давление насыщенных паров и широкие пределы воспламеняемости.

При пуске холодного двигателя повышается теплоотдача в стенки цилиндра и также вследствие других причин понижается температура воздуха в конце такта сжатия. В этом состоянии этиловый эфир позволяет обеспечить самовоспламенения горючей смеси при относительно невысоких температурах 190...220<sup>0</sup> С. При этом наиболее эффективно применять этиловый эфир в чистом виде. Однако в этом случае происходит очень резкое повышение давления в цилиндре двигателя, что может привести к поломке деталей. Чтобы избежать этого содержание этилового эфира в пусковых жидкостях для дизелей обычно доводят до 60...75 %.

В бензиновых двигателях при пуске используют свойство этилового эфира воспламеняться в смеси с воздухом в широких концентрационных пределах. Это позволяет достичь воспламенения с помощью искры очень бедных смесей. Но содержание этилового эфира в пусковых жидкостях для бензиновых двигателей может быть меньшим, чем в жидкостях для дизелей.

При использовании пусковой жидкости в дизеле воспламенение начинается с воспламенения этилового эфира и в последнюю очередь воспламеняется само топливо. Для обеспечения постепенного и последовательного воспламенения в состав пусковых жидкостей вводят изопропилнитрат и смесь низкокипящих углеводородов.

Изопропилнитрат воспламеняется несколько позже этилового эфира, но раньше основного топлива. Смесь низко кипящих углеводородов, целиком испаряясь в цилиндре, воспламеняется несколько позже изопропилнитрата, но так же раньше основного топлива. Наличие такой последовательной цепочки обеспечивает хорошую подготовку основного топлива к воспламенению и началу видимого сгорания, что существенно снижает скорость нарастания давления. Оптимальное содержание изопропилнитрата и смеси низкокипящих углеводородов в жидкостях для дизелей составляет  $\approx 15$  %.

В жидкостях для бензиновых двигателей смесь низкокипящих углеводородов обеспечивает образование горючей смеси, способной воспламеняться от искры. Учитывая необходимость подготовки горючей смеси при довольно низких температурах, в жидкость для бензиновых двигателей добавляют смесь самых низкокипящих углеводородов в большем количестве, чем в жидкость для дизелей. Надёжной подготовке топливовоздушной смеси к воспламенению от искры способствует введение в состав

жидкости для бензиновых двигателей небольшого количества изопропилнитрата.

Снижение износа трущихся деталей в первый период пуска двигателей достигается введением в состав пусковых жидкостей масла, содержащего противоизносные или противозадирные присадки. В дизелях в период пуска возникают более высокие нагрузки на трущиеся пары, чем в бензиновых двигателях. Исследованиями установлено, что для снижения пускового износа в составе дизельной пусковой жидкости должно быть не менее 10 % масла. Применение такой жидкости в бензиновых двигателях приводит к «замасливанию» свечей зажигания, к перебоям к появлению искры. В связи с этим в пусковых жидкостях для бензиновых двигателей содержание масла не должно превышать 2 %. Такое количество масла обеспечивает смазку трущихся деталей в первый период пуска менее напряжённого бензинового двигателя и в то же время не вызывает нарушений в работе свечей зажигания.

Кроме указанных основных компонентов в пусковые жидкости добавляют в небольшой концентрации некоторые присадки, улучшающие те или иные эксплуатационные свойства.

Применение пусковых жидкостей позволяет уменьшить минимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя при пуске в несколько раз.

Пусковые жидкости «Арктика» и «Холод Д-40» позволяют запускать холодные двигатели без подогрева при температуре окружающего воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$ . При этом необходимо применять загущенные или маловязкие моторные масла и заряженный аккумулятор. При температурах воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  двигатели можно пустить только после предварительного разогрева. Однако и в этом случае применение пусковых жидкостей позволяет сократить длительность разогрева двигателя и повысить надёжность его пуска.

Долгое время считали, что пуск холодного двигателя сопровождается резким увеличением износа трущихся деталей. Повышение износостойкости металлов и применение эффективных присадок к моторным маслам позволило резко уменьшить пусковые износы двигателей. В состав отечественных пусковых жидкостей «Арктика» и «Холод Д-40» входит масло с необходимыми присадками.

Таким образом, применение пусковых жидкостей является эффективным средством сокращения сроков пуска двигателей и повышения его надёжности при любых отрицательных темпера-

турах.

Таблица 24

### Состав отечественных пусковых жидкостей

Компонент	Содержание компонента, %	
	Арктика	Холод Д-40
Этиловый эфир	45...60	58...62
Изопропилнитрат	1...5	13...17
Смесь низкокипящих углеводородов	35...55	13...17
Масло	2	8...12

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*; под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи*. – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев*. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко*. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

## ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА И МАСЕЛ

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

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

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

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

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

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

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

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

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. В результате

исследований установлено, что средняя температура парового пространства в резервуаре выше средней температуры наружного воздуха на 2...8 градусов для вертикальных и на 1...10 градусов для горизонтальных резервуаров.

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

1) уменьшением различных перекачек нефти внутри нефтебазы;

2) заполнением резервуара снизу под уровень находящегося в резервуаре продукта, что снижает на 30...40 % потери по сравнению с наливом открытой струёй сверху;

3) установкой на крыше резервуаров возвращающих адсорберов, в которые улавливается нефтепродукт находящийся в паро-воздушной смеси;

4) установкой газовых труб, с помощью которых соединяют между собой резервуары, предназначенные для хранения одного сорта нефтепродуктов. В этом случае при заполнении резервуара паровоздушная смесь из него будет вытесняться в другую, а не бесследно теряться в атмосфере;

5) запрещением проветривать резервуар перед новым заполнением, т.к. при проветривании в 2...4 раза увеличиваются потери.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Звено КЭВ: 1 – научно обоснованная система нормирования

расхода ТСМ; 2 – уровень и эффективность контроля за расходом топливно–энергетических ресурсов; 3 – организация перевозок грузов и пассажиров; 4 – техническое состояние транспортных средств; 5 – квалификация и дисциплина технического персонала.

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

По первому звену: двигатель должен соответствовать современному, а лучше перспективному техническому уровню. Различными конструктивными и технологическими мерами его топливная экономичность по ездовому циклу должна быть доведена до уровня лучших мировых образцов. Если применить наиболее эффективные средства повышения топливной экономичности, например, двигателей с искровым зажиганием (комплексную адаптивную микропроцессорную систему управления силовым агрегатом, расслоение заряда и др.), то можно ожидать улучшения топливной экономичности по ездовому циклу до 15 %.

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

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

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

К перерасходу приводит неправильная организация заправки машин нефтепродуктами, большие холостые перегоны машин, работа двигателя на богатой смеси, повышенное нагарообразование на деталях двигателя, неправильная регулировка системы питания, неполнота сгорания топлива, использование масел низ-



кого качества и неправильного сорта и т.д.

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

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

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

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

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

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

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

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

Водитель должен выбирать оптимальный режим частоты вращения коленчатого вала, двигаясь по мере возможности, на повышенных передачах, так как при большой частоте коленчато-

го вала расход топлива увеличивается.

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

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

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

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

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

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

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

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*; под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные

Эксплуатационные материалы

материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец.* – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов.* – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи.* – М.: Химия, 1986. – 367 с.

6. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев.* – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

7. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко.* – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

## ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Назначение лакокрасочных покрытий – создавать надёжную долгосрочную защиту изделия от воздействия окружающей среды и придавать красивый внешний вид готовым изделиям. В процессе эксплуатации лакокрасочные покрытия теряют свои качества. Верхний слой покрытия тускнеет, теряет свой первоначальный цвет (выгорает). Появляются царапины, трещины, сколы, отслоения и другие повреждения, требующие восстановления покрытия. Для поддержания хорошего внешнего вида автомобиля необходим постоянный уход, а также частичная или полная замена лакокрасочного покрытия. Как правило покрытие делают многослойным, состоящим из грунтовочного слоя, шпатлёвок и красочных слоёв. В процессе выполнения малярных работ создают единую лакокрасочную композицию.

Лакокрасочные материалы делят на основные и вспомогательные. К основным относят грунты, шпатлёвки, лаки и краски, к вспомогательным – жидкости для подготовки поверхности к окраске и для ухода за лакокрасочным покрытием.

### Состав лакокрасочных материалов

Основными связующими компонентами лакокрасочных материалов являются плёнкообразователи. Они бывают жидкими, твёрдыми и комбинированные.

Наиболее распространённым жидким плёнкообразователем *являются олифы*. Все олифы делят на три группы: натуральные, полунатуральные и синтетические.

Натуральные олифы готовят путём обработки некоторых растительных масел при температуре 280...300<sup>0</sup> С и добавления 0,1...2,5 % сиккативов.

Температурная обработка масла и введение сиккатива ускоряют отверждение плёнок при нанесении краски на поверхность в 5...6 раз по сравнению с сырым маслом.

Уплотнённые или полунатуральные олифы – продукт уплотнения растительных масел, образующийся при продувании воздуха через масло, подогретое до температуры 100...150<sup>0</sup> С. Олифа, полученная такой обработкой, называется оксидированной. Олифу, полученную полимеризацией и уплотнением растительных масел при нагревании до темпера-

## Эксплуатационные материалы

туры 280...300<sup>0</sup> С, называют полимеризованной.

К синтетическим относится глифталевая олифа, состоящая из смеси глифталевых смол и уплотнённых растительных масел. Такая олифа полноценно заменяет натуральную олифу.

Твёрдыми плёнкообразователи являются естественные и синтетические смолы. К естественным смолам относятся канифоль, шеллак, асфальт и др. Эти смолы растворяют уйат-спиритом, ксилолом и т.д.

К синтетическим твёрдым плёнкообразователям относят высокомолекулярные полимерные соединения – всевозможные пластмассы.

### Лаки и эмали

Растворы твёрдых плёнкообразователей в растворителях называют лаками. Лаки широко применяют как самостоятельный материал, так и в составе различных красок, грунтов, шпатлёвок.

Суспензию твёрдого красящего вещества (пигмента) в лаке называют эмалью или эмалевой краской. В состав эмалей могут входить пластификаторы, сиккативы и разбавители.

Существуют следующие эмали:

- нитроцеллюлозные (НЦ);
- меламиналкидные (МЛ);
- глифталевые (ГФ);
- пентафтальные (ПФ);
- полиэфирные (ПЭ);
- полиакриловые (АК);
- полихлорвиниловые (ХВ), и др.

Двигатель окрашивают алюминиевой краской, состоящей из алюминиевой пудры (6...10 %) и основы. Основой является лак.

### Нитроэмали

Это раствор нитроцеллюлозы с добавкой пластификаторов, смол и красящих веществ.

В качестве растворителей используют смеси бутилацетата, этилацетата, бутилового и этилового спиртов, толуола. Эти смеси в зависимости от состава маркируют различными номерами (растворители 646,647, 648 и др.). Положи-

тельным качеством нитроэмалей является способность быстро высыхать на воздухе и после шлифования и полировки давать ровную, красивую, блестящую плёнку. Однако нитроэмали имеют ряд недостатков:

- ☞ Склонность к растрескиванию плёнки в процессе эксплуатации автомобилей вследствие недостаточной механической прочности;

- ☞ Пониженная адгезионная способность;

- ☞ Лёгкая воспламеняемость;

- ☞ Необходимость в трудоёмких шлифовальных и полировочных работах при покрытии.

Нитроэмали наносят на загрунтованные поверхности, так как плёнки их плохо сцепляются с металлом и без применения грунта они газо- и водонепроницаемы.

Их наносят на поверхность при помощи распылителя в четыре-шесть слоёв. Необходимость в многослойности этого покрытия вызвана тем, что эмаль содержит большое количество летучих растворителей и очень мало сухого плёнообразующего вещества. Поэтому один слой плёнки очень тонкий – 8...10 мкм.

### Глифталевые эмали

В состав этих эмалей входит глифталевая смола, содержащая до 50 % высыхающих масел, которые повышают механическую прочность и эластичность покрытия. В качестве растворителей и разбавителей применяют сольвент, ксилол, толуол и их смеси с уайт-спиритом. Количество растворителя в эмалях не должно превышать 30 %, так как при большем количестве растворителя может произойти выпадение смолы из эмалей.

При комнатной температуре процесс плёнообразования у глифталевых эмалей протекает за 30...40 часов. Однако полностью процесс не заканчивается и такая плёнка легко разрушается. Для устранения этого недостатка применяют сушку в течение 1 часа при температуре 100...110<sup>0</sup> С.

При высыхании эмалей образуется прочная плёнка, обладающая хорошей гляцевой поверхностью и устойчивостью к воздействию атмосферы.

Обозначения: НПФ – нитропентафталевая эмаль, ЭП –

нитроэпоксидная эмаль.

### **Меламиноалкидные эмали**

Их получают растворением алкидной (глифталевой) и меламиноформальдегидной смолы в органических растворителях с добавлением различных пигментов.

Меламиноалкидные эмали дают покрытия с высоким устойчивым блеском без применения трудоёмкой полировки. Они обладают высокой твёрдостью, водо- и атмосферостойкостью даже в условиях тропического климата.. Покрытия этих эмалей устойчивы к действию. Бензина и минерального масла.

В обозначении буквы МЛ-цифра.

### **Масляные краски**

Масляные краски являются одной из разновидностей окрасочных материалов. В состав красок входят сухие пигменты и наполнители, перетёртые с натуральной и синтетической олифой в краскотёрочных машинах. На месте потребления густотёртые масляные краски доводят до малярной вязкости растворителями – олифой, бензином. Для ускорения процесса сушки в них вводят сиккатив. Сушка красок при комнатной температуре – 10 часов, а полной высыхания – до 24...48 часов. Такое время высыхания ограничивает их применения при окраске автомобилей и других машин.

### **Грунты и шпатлёвки**

Нанесение первого слоя на окрашиваемую поверхность металла, дерева и т.д. называют грунтованием. Грунты должны обладать хорошей адгезией. Под адгезией понимают прочность сцепления наносимого вещества с окрашиваемой поверхностью и следующим слоем покрытия. Для улучшения адгезионных свойств в состав грунтов добавляют поверхностно-активные вещества. Кроме того, прочность сцепления лакокрасочного покрытия зависит от хорошего смачивания поверхности и сплошности самого покрытия. Для достижения хорошей смачиваемости поверхности необходимо при нанесении первых слоёв покрытия снижать вязкость лакокрасочного материала, а для прочности покрытия добиваться полного отверждения грунта перед нанесением последующих слоёв.

Грунт представляет собой суспензию пигментов и напол-

нителей в лаках. В состав грунтов входит связующее – это масляные лаки, олифы или лаки, приготовленные на синтетических смолах (глифталевой, пентофталевой и т.д.).

В качестве пигментов применяют: железный сурик, цинковые и свинцовые белила, охру жжёную и др. Наполнителями служат тальк, мел и пр. Пигменты и наполнители грунтов должны быть мелкодисперсионными для того, чтобы проникать во все мелкие поры поверхности. Для придания грунтам малярной вязкости в них вводят растворители. Каждому типу грунтов соответствует свой растворитель. Например, фенолоформальдегидный грунт разбавляют ксилолом или сольвентом, а глифталевый – уайт-спиритом. Для ускорения сушки грунта применяют добавки, называемые сиккативами. Сиккативы представляют собой свинцовые, марганцевые и другие мыла жирных или нафтеновых кислот.

Они ускоряют окислительную полимеризацию связующего материала. Пример марки грунта ГФ-020.

Для выравнивания наружной поверхности покрытия, заделки рисок и царапин применяют шпатлёвки. В состав шпатлёвки входят пигменты и наполнители, что и для красок, но в значительно большем количестве. В качестве связующего применяют нитролаковые, алкидностирольные, и эпоксидные смолы. Шпатлёвка представляет собой густую пасту, не обладающую эластичными свойствами. Поэтому во избежание её растрескивания общая толщина всех шпаклевочных слоёв не должна превышать 2 мм. Пример шпатлёвок: ПФ-002, КФ-00-3, МС-00-6, НЦ-00-7 и др.

### Основные свойства лакокрасочных материалов

Определяющее значение имеет вязкость лакокрасочных материалов, при нанесении его на поверхность как ручным, так и механическим способом. Определение условной вязкости л/к материалов предусматривается ГОСТ 8420-57. **Условной вязкостью** л/к материалов называют время истечения в секундах 100 мл жидкости через калиброванное сопло вискозиметра ВЗ-5 при температуре 20° С.

Вязкость л/к материалов изменяют в пределах 10-50 с в зависимости от метода нанесения покрытия.

Твердость пленки определяется по ГОСТ 5233-67 как отношение времён затухания колебаний идентичных маятников,



## Эксплуатационные материалы

установленных на окрашенной поверхности стеклянной пластинки и на чистой стеклянной поверхности. Чем больше этот показатель, тем твёрже покрытие.

Прочность на удар красочной плёнки определяется по ГОСТ 4765-59 на лабораторном копре, у которого масса бойка маятника равна 1 кг, а высота его отклонения – 1 м. Между направляющими копра закрепляют жесткую платину, покрытую л/к материалом. Максимальная высота отклонения груза, не вызывающая разрушения покрытия при ударе по нему бойком, характеризует прочность плёнки на удар.

Эластичность красочной плёнки испытывают по ГОСТ 6806-53 путём изгибания металлических ленточек с нанесённым покрытием вокруг стержней различного диаметра. Эластичность покрытия выражают минимальной величиной диаметра стержня (мм), при изгибании вокруг которого покрытие ещё не разрушается.

**Розлив** – это способность л/к материалов, наносимых на поверхность, утрачивать под влиянием поверхностного натяжения штрихи, образовавшиеся от кисти, или ряби при нанесении слоя краскораспылителем. Метод определения розлива заключается в определении времени, в течение которого исчезают неровности с окрашиваемой поверхности.

**Укрывистость** – способность л/к материала при нанесении его возможно тонким равномерным слоем делать невидимым цвет окрашиваемой поверхности другой расцветки. Её оценивают по ГОСТ 8784-58. Укрывистость выражают в граммах на квадратный метр ( $г/м^2$ ), чем лучше укрывистость, тем меньше расход материала.

Время высыхания подразделяют на «высыхание от пыли» и полное высыхание. Время «высыхания от пыли» представляет собой время, необходимое для образования тончайшей плёнки по всей окрашенной поверхности. Наступление этого момента определяют возможностью сдувания ваты с окрашенной поверхности. Полное высыхание наступает тогда, когда материал полностью отвердеет, о чём свидетельствует отсутствие отпечатков на поверхности при приложении давления в  $0,2 \text{ кг/см}^2$ .

Кроме перечисленных свойств, покрытия должны обладать достаточной светостойкостью (способность сохранять

свой цвет под действием освещения) и атмосферостойкостью (способность противостоять действию влаги и колебаниям температуры).

### Вспомогательные материалы

**Смывки** предназначены для удаления старых лакокрасочных покрытий. Они растворяют обратимые плёнки и вызывают набухание необратимых.

Смывки и растворители, удаляющие старую краску с кузова автомобиля, могут снимать нанесённое покрытие до грунтово-шпаклёвочных слоёв.

Смывка обыкновенная – смесь органических растворителей: ацетона – 47, этилового спирта – 6, бензола – 8, этилацетата – 19, скипидара – 7, нафталина 10,8 и парафина – 2,2 %. Для разрушения нитроэмалевого покрытия требуется 10-20 мин, для других эмалей – 2-3 ч. Перед употреблением смывку подогревают в водяной бане до температуры 30-40 °С, так как на холоде происходит выпадение парафина.

Смывка АТФ-1 состоит из колоксилина – 5, парафина – 0,5, ацетона – 19, формальдегида – 47,5, толуола – 28 %. Эта смывка более эффективна, её действие наступает через 20 мин.

**Составы для удаления ржавчины.** Перед нанесением грунта на металлическую поверхность необходимо удалить ржавчину и окалину. Состав № 1120 содержит: ортофосфорной кислоты – 74, этилового – 20, бутилового спирта – 5 и гидрохинона 1 % как антиокислительные добавки.

Ортофосфорная кислота растворяет ржавчину и образует на поверхности фосфорную плёнку. Моющий состав можно наносить кистью или краскораспылителем. Налёт ржавчины растворяется в течение 2 мин, после чего состав смывают водой, сушат и обрабатывают нейтрализующим составом № 107 – водным раствором этилового спирта с аммиаком.

Всё более широкое распространение получают так называемые преобразователи ржавчины. Они предназначены для подготовки прокорродированных поверхностей коррозии. Действие их основано на превращении гидроокисей и окислов железа в безвредный или даже защитный слой нерастворимых комплексных соединений железа.

Преобразователи ржавчины применяют как самостоятельно, так и в составе грунтов. Такие грунты-преобразователи обеспечивают одновременно удаление продуктов коррозии и грунтование поверхности.

Промышленность вырабатывает преобразователи ржавчины П-1Т и П-2, в состав которых входят танин, фосфорная кислота и другие добавки.

Весьма эффективен грунт-преобразователь В-1ГП, в состав которого входят поливинилацетатная эмульсия, фосфорная кислота, жёлтая кровяная соль и другие добавки.

Следует отметить, что преобразователи ржавчины не удаляют с поверхности металла старые л/к покрытия.

**Составы для обезжиривания.** Для обезжиривания поверхности применяют органические растворители: уайт-спирит, бензин-растворитель (БР-1) и щелочные препараты, которые омыляют жиры, растворимые в воде. Жировые плёнки лучше снимать составами, в которых находятся поверхностно-активные вещества. Например, применяют следующий состав, г/л:

Каустик (едкий натр) .....	0,8 – 1,5
Сода кальцинированная .....	8 – 12
Тринатрийфосфат .....	15 – 25
Жидкое стекло .....	0,8 – 1,5

В некоторые составы для улучшения действия смывки вводят эмульгатор ОП-7 или жидкое мыло. Признаком удаления жира с поверхности является хорошая её смачиваемость водой. Вода не должна собираться на ней каплями.

**Полирующие составы.** Для восстановления блеска покрытия рекомендуют периодически применять полирующие составы: полировочную воду №1, воскополировочную пасту №2, жидкий восковой состав №3, полировочную пасту № 290, 617 и др.

Полирующие составы или пасты состоят из смеси тонких абразивов, масел, воска, хозяйственного мыла, воды и растворителя.

## Эксплуатационные материалы

Абразивные составляющие пасты служат в качестве шлифующего и полирующего, а воск в качестве заполняющего поры покрытия и сглаживающего микроскопические неровности материалов. Растворители, содержащиеся в небольшом количестве в полирующих составах, удаляют остатки жировых пятен и других загрязнений.

Перечисленными полирующими составами можно полировать поверхности, окрашенные нитро- и другими синтетическими эмалями. Полирующие составы наносят на хорошо промытую водой и тщательно протёртую поверхность. Полировкой л/к плёнки достигают не только хорошего глянца покрытия, но и частичного восстановления цвета, удаления омыления поверхности и царапин.

Полировочная вода №1 представляет собой смесь абразивной пасты (инфузорной земли) и воды с эмульсией. Эмульсия содержит касторовое или вазелиновое масло. Полировочную воду применяют для ухода за л/к покрытием, находящемся в хорошем состоянии, для снятия незначительных загрязнений, не поддающихся удалению водой.

Восковая полировочная паста № 2 состоит из воска, парафина, керосина или скипидара и уайт-спирита. При отверждении пасты рекомендуется разбавлять её уайт-спиритом или скипидаром. В количестве 10...12 % от веса пасты. Для этого баночку с пастой подогревают в горячей воде и в размягчённую пасту добавляют растворитель. Затем пасту хорошо размешивают. Полировочную пасту применяют как профилактический состав для сохранения л/к покрытий. Паста, нанесённая на л/к покрытие, образует защитный слой, предохраняющий от атмосферных воздействий.

Жидкий восковой полирующий состав № 3 представляет собой смесь окиси алюминия и восковой эмульсии. Этот состав следует применять 1 раз в два-три месяца, когда на покрытии наблюдается потеря блеска. Его наносят тонким слоем тампоном из фланели и растирают круговыми движениями на небольших участках. После высыхания ( $\approx 6$  мин) поверхность протирают сухой чистой фланелью до зеркального блеска. Поверхность, отполированную этим составом, рекомендуется дополнительно полировать восковой пастой № 2.

Полировочная паста № 290 состоит из мелкодисперсионной окиси алюминия, вазелинового и касторового масла, хо-

зайственного мыла и воды. Паста применяется тогда, когда л/к покрытие становится матовым.

**Консервационные материалы.** При консервации автомобилей следует применять защитные составы: смывающийся пигментированный состав ПС-7, смывающийся непигментированный состав на основе вазелина и церезина, плёночный состав ПС-40 жёлтого цвета, состав Л-1 коричневого цвета (предназначен для защиты хромированных деталей), плёночные составы «Масплин» и др.

Состав ПС-7 состоит из раствора лакового полимера бутилметакрилата в уайт-спирите с добавкой жёлтого железокислотного пигмента. Состав на поверхность наносят распылителем тонким слоем.

Рабочая вязкость состава по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 18-20<sup>0</sup> С – 14-17 Ст. Состав ПС-7 разбавляют уайт-спиритом или смесью спирта и бензола в соотношении 1: 1. Состав высыхает за 20-30 мин. Плёнка нанесённого состава имеет высокую твёрдость и служит хорошей защитой л/к покрытия от атмосферных воздействий, загрязнений и лёгких механических повреждений. При консервации плёнка ПС-7 полностью сохраняется более шести лет.

Защитный состав на основе вазелина и церезина состоит из следующих компонентов: вазелин – 20, церезин – 8,5, уайт-спирит – 71,5 %. Состав наносят распылением. Вязкость состава по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 18...20<sup>0</sup> С – 16...19 Ст. Высыхает состав за 20-30 мин при комнатной температуре, плёнка его мягкая, но при нагревании до 70<sup>0</sup> С не стекает даже с вертикальной поверхности. Этот состав применяют для защиты нитроцеллюлозных и меламиноалкидных покрытий, а также хромированных деталей. Плёночный защитный состав ПС-40 состоит из раствора хлорвинилового смолы, жёлтого железокислотного пигмента с добавкой касторового масла. В качестве растворителя применяют ксилол. Рабочая вязкость состава по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 18...20<sup>0</sup> С – 65...70 Ст. Состав наносят в три слоя в холодном состоянии, а при подогреве в два слоя. Толщина плёнки должна быть 100...120 мкм. Сушка каждого слоя 1 ч при температуре 15...23<sup>0</sup> С. Защитная плёнка ПС-40 легко снимается с поверхности кузова автомобиля путём её подрезания. Она сохраняет свои свойства в течение одного года. Консервирующий состав Л-1 применяют

## Эксплуатационные материалы

для защиты хромированных деталей. Состав можно приготовить из строительного битума IV или V и 80 % авиационного бензина Б-70. Наносят состав тампоном в одном направлении.

Противокоррозионные составы применяют для предохранения днища кузова и внутренней поверхности крыльев от коррозии и механического воздействия песка и мелких камней. Противокоррозионный состав 4010 представляет бензиновый раствор натурального каучука, регенерированной резины, какифоли, сажи и каолина.

**Библиографический список**

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – 233 с.

3. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

4. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев*. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

5. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко*. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

## КЛЕИ

Натуральные и синтетические клеи различают по прочности склеивания и универсальности. Синтетический клей имеет большое преимущество перед натуральным. В качестве клеев широко применяют полимерные материалы и различные композиции, полученные на их основе.

Клеи должны хорошо смачивать соединяемые поверхности, иметь хорошую прилипаемость (адгезию) к твёрдым поверхностям, механическую прочность (когезию), минимальную хрупкость и усадку при отверждении. Для изготовления клеев в большом количестве применяют термореактивные смолы: фенолформальдегидные, эпоксидные, карбомидные, кремнийорганические. В состав клеев входят смолы, наполнители и отвердители, которые под воздействием температуры переводят их в твёрдое и неплавкое состояние. Для снижения вязкости и растворения смол применяются органические растворители.

К возможным недостаткам клеевых соединений следует отнести хрупкость, низкую термостойкость и значительную усадку, в результате чего появляются разрывы, ослабляющие прочность шва. Для устранения этих нежелательных явлений в смолу вводят минеральные наполнители, которые повышают теплостойкость и уменьшают усадку клеевого соединения. Таким образом, подбирая смолу и различные добавки к ней, можно получить клеи, которые способны обеспечить прочные и эластичные соединения.

Подготовка поверхностей к склеиванию такая же, как и перед покрытием автомобиля краской. Клей наносят на подготовленную поверхность пульверизатором или кистью. Кроме того, применяют клеевые пасты, которые наносят шпателем. Толщина клеевого шва должна находиться в пределах от 0,05 до 0,25 мм. При этих величинах из зазора между склеиваемыми поверхностями легче выдавливаются пузырьки воздуха и избыток клея. Для достижения максимальной прочности клеевого соединения клей необходимо наносить на поверхность возможно тонким слоем ввиду того, что коэффициенты линейного расширения материала и клея значительно различаются.

Клеи могут быть горячего и холодного отверждения. При горячем – взаимодействие между полимером, отвердителем и

## Эксплуатационные материалы

склеиваемой поверхностью ускоряется, а также улучшается качество шва. Холодное отверждение клеевых композиций происходит без подогрева при комнатной температуре. Отвердитель необходимо вводить в клей перед его применением. Прочность шва при холодном отверждении будет ниже, чем на клею горячего отверждения. В зависимости от вида связующего в клеевой композиции отверждение может наступить в результате как химических (полимеризация, поликонденсация) так и физических (испарение растворителя) процессов. Качество клеевого шва определяется механическими испытаниями на разрыв или сдвиг.

Ассортимент вырабатываемых марок клеев очень большой. Отличительной их характеристикой является вид связующего (смолы), по которому происходит деление клеев: фенольные, эпоксидные, карбинольные, кремнийорганический и др.

Широкое применение нашли клеи на фенолоформальдегидных смолах, модифицированных различными ацетальными поливинилового спирта. К этой группе относятся клеи: БФ-2, БФ-4, БФ-6, ВС-10Т и ВС-350. Они способны создавать высокопрочные клеящие композиции. Клеи БФ-2 и БФ-4 применяются для склеивания металлов, пластмасс, стекла. Клей БФ-2 обладает более высокой термостойкостью (рабочая температура от  $-60$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению с клеем БФ-4 (рабочая температура от  $-60$  до  $+60^{\circ}$ ). Отверждённые клеевые швы устойчивы против действия нефтепродуктов.

Клеи ВС-10Т и ВС-350 относятся к теплостойким, применяются при наклеивании фрикционных накладок тормозных колодок и дисков сцеплений. Прочность клеевых соединений сохраняется в течение 1800 ч при температуре до  $80^{\circ}$ , а при  $200^{\circ}\text{C}$  в течение 200 ч. Все эти клеи выпускают в виде готовых растворов отверждающихся при нагревании до  $140\text{--}180^{\circ}\text{C}$ .

Феноло-каучуковые клеи выпускаются следующих марок: ВК-32-200, ВК-3, ВК-4 и ВК-32-2.

В состав этих клеев входят фенольная смола и резиновые смеси, содержащие необходимые добавки. Компоненты смешиваются перед употреблением. Все эти клеи, кроме ВК-32-2, применяются для наклеивания стекловолоконистой теплоизоляции при обычной температуре. Соединения на фенолокаучуковых клеях хорошо выдерживают длительное воздействие тем-



## Эксплуатационные материалы

пературы до 200<sup>0</sup> С. Соединения на клее ВК-32-2 устойчивы к действию нефтепродуктов.

Эпоксидные клеи и пасты отличаются от всех клеев высокой прочностью клеевого шва. Применяются они для склеивания различных материалов, как однородных, так и разнородных. Соединения склеиваемых материалов могут быть получены при холодном и горячем отверждении. В качестве отвердителя эпоксидных клеев холодного отверждения применяют гексаметилендиамин и полиэтиленполиамин. Эпоксидные клеи готовят на месте потребления смешиванием смолы и отвердителя. При неправильной пропорции смолы и отвердителя их смесь может нагреться вплоть до вспенивания. Приготовленный клей используется в течение 20...30 минут при температуре 20<sup>0</sup> С, после чего клей для дальнейшего использования становится малопригодным ввиду частичного отверждения. Полное отверждение наступает через 24 часа. Применяются эти клеи для склеивания металлов и неметаллических материалов в конструкциях несилового назначения.

Для уменьшения усадки при отверждении в пасты вводят до 60 % наполнителя: порошкообразных металлов, графита, талька, каолина и др. Наполнитель в смолу следует добавлять перед отвердителем. Рабочая температура клеевых швов для холодного отверждения от – 60<sup>0</sup> С до + 100<sup>0</sup> С, горячего отверждения – от – 60<sup>0</sup> С до + 120<sup>0</sup> С. При работе с эпоксидным клеем надо соблюдать меры предосторожности, так как его пары вызывают отравление и раздражение кожи.

Клеи на основе кремнийорганических соединений обладают высокой теплостойкостью. Их применяют при склеивании металлов, стёкол и других материалов.

Клеевые соединения на кремнийорганических смолах выдерживают длительное воздействие температур до 200...250<sup>0</sup> С и кратковременно до 300<sup>0</sup> С.

Резиновые клеи изготавливаются из натуральных и некоторых синтетических каучуков, растворённых в органических растворителях. Клеи предназначаются для приклеивания резин на любой основе к металлу, дереву, стеклу и для склеивания этих материалов между собой.

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
2. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец.* – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – 233 с.
3. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов.* – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.
4. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев.* – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.
5. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко.* – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

## РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИЕ, ОБИВОЧНЫЕ, УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

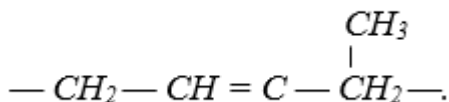
### Резины

Резины широко применяют как конструкционный материал в различных отраслях промышленности. Они допускают значительные деформации, оставаясь при этом упругими и эластичными, имеют высокую прочность (при разрыве до  $400 \text{ кг/см}^2$ ), водостойкость, низкую газопроницаемость, малую электропроводность. Эти свойства позволили резине занять особое место среди конструкционных материалов. Из неё изготавливают шины, трубки, ремни, шланги, прокладочные, изоляционные, уплотнительные материалы.

В конструкцию современного автомобиля входит свыше 500 наименований различных деталей из резины. Важнейшим видом резиновых изделий являются шины. На их производство расходуют 65 % всего вырабатываемого каучука.

В состав резин входят: каучук, содержание которого колеблется от 5 до 98 %, мягчители, наполнители, вулканизирующие агенты, ускорители вулканизации, противостарители, а также вещества, повышающие морозостойкость.

Основным компонентом резины является *каучук натуральный* (НК) и *синтетический* (СК). Каучук натуральный получают из каучуконосных растений. Товарный НК содержит до 94 % каучука. Натуральный каучук представляет собой высокомолекулярный углеводород с эмпирической формулой  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ . Углеводород построен из многих изопреновых единиц, соединённых между собой в линейную структуру:



Средний молекулярный вес – 150.000...500.000. Строением и молекулярным весом определяются физико-механические свойства НК. Удельный вес каучука – от 0,915 до 0,930 г/см<sup>3</sup>.

Эластичные свойства каучука ограничиваются температурным интервалом. При  $-70^\circ \text{C}$  каучук становится хрупким, а выше  $+80^\circ \text{C}$  он начинает плавиться, превращаясь в смолоподобную массу, которая при охлаждении не приобретает свойств исходного вещества. Наличие двойных связей в молекуле НК обуславливает

его способность реагировать с водородом, галогенами, серой, кислородом и другими веществами. Взаимодействие каучука с кислородом происходит при комнатной температуре и с течением времени приводит его к старению. При взаимодействии каучука с серой происходит вулканизация – перевод каучука в резину, которая приобретает более высокие технические свойства по сравнению с сырым НК. Натуральный каучук растворяется в углеводородах и не растворяется в воде, спирте и ацетоне.

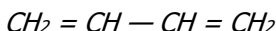
Натуральный каучук не может удовлетворить все возрастающие потребности в резине, поэтому промышленность вырабатывает большое количество синтетических каучуков.

Синтетические каучуки получают из продуктов переработки нефти. Все виды синтетических каучуков (СК) представляют собой высокомолекулярные органические соединения цепного строения, получающиеся в результате полимеризации мономеров-каучукогенов (соединений, содержащих ненасыщенные связи), и полимеры, описанные выше.

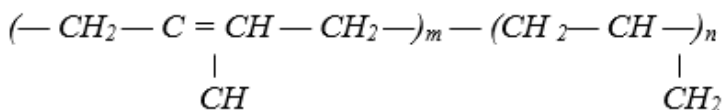
При получении СК в качестве мономеров применяют бутадиен, хлорпрен, изопрен, изобутнлен и другие газообразные углеводороды.

В промышленном масштабе выпускаются каучуки общего и специального назначения. К первым относятся СКВ – бутадиеновый, СКС – бутадиенстирольный, СКИ – изопреновый; ко вторым СКН – бутадиеннитрильный, хлорпреновый (найрит), БК – бутилкаучук и др.

*СКВ* – бутадиеновые каучуки получают полимеризацией бутадиена



в присутствии катализатора – металлического натрия

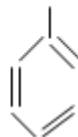
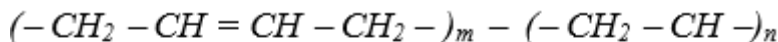


*Натрийбутадиеновый* каучук представляет собой полимер с нерегулярным, беспорядочным чередованием звеньев, что является отличительной чертой по сравнению с НК.

Резина из каучука СКВ в отличие от натурального каучука и некоторых видов синтетических каучуков обладает невысокими физико-механическими показателями (предел прочности при разрыве – 18...22 кг/см<sup>2</sup> и относительное удлинение – 550...600 %) и низкой износо- и морозостойкостью. Это объясняется неоднородностью молекулярной цепи и меньшим количеством двойных

связей по сравнению с НК. Плотность таких каучуков – 0,90...0,92 г/см<sup>3</sup>, молекулярный вес колеблется в пределах от 80.000 до 200.000. СКБ легко растворяется в бензине, бензоле, хлороформе и других растворителях, но клеящая способность этих растворов низкая. Поэтому при сборке деталей резиновых изделий из натрийбутадиенового каучука применяют клеи из натурального или изопренового каучука. Каучук СКБ широко применялся в автомобильной промышленности для изготовления шин и резиновых технических изделий. Ввиду недостаточно хороших эластических и прочностных свойств он вытесняется более современными марками СК.

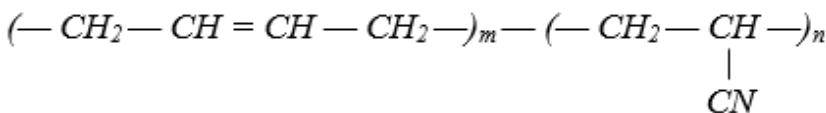
*Бутадиенстирольный* каучук СКС представляет собой продукт сополимеризации бутадиена ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ ) и стирола ( $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH}_2$ ). Структурная формула бутадиенстирольного каучука имеет следующий вид:



Товарный каучук СКС выпускается в рулонах и брикетах. Протекторы шин из бутадиенстирольного каучука по износостойкости несколько превосходят НК (в летних условиях). Морозостойкость этого каучука зависит от количества связанного стирола. Каучуки, содержащие 8...10 % связанного стирола, более морозостойки, чем НК.

По водостойкости и газопроницаемости вулканизаты из бутадиенстирольного каучука равноценны вулканизатам из НК. Саженнаполненные вулканизаты из СКС химически стойки, набухают в бензине, бензоле, толуоле и других подобных растворителях, а также в минеральных и растительных маслах.

Каучуки специального назначения СКН представляют собой линейные сополимеры бутадиена с нитрилом акриловой кислоты:



Особенностью этих каучуков является маслобензостойкость в сочетании с хорошими физико-механическими свойствами. Бутадиеннитрильные каучуки применяют для изготовления всевозможных прокладок, сальников, манжет, колец различного сечения

и других деталей, работающих в контакте с маслом. СКН обладают высокой теплостойкостью и стойкостью к испарению, имеют меньшую морозостойкость, чем резины из НК или СКВ.

*Хлорпреновый* каучук получают полимеризацией хлорпрена и называют наиритом. Наирит по пределу прочности при разрыве, сопротивлению и эластичности несколько уступает НК и значительно превосходит бутадиенстирольные и бутадиеннитрильные каучуки.

Из хлорпреновых каучуков изготавливают изделия, от которых требуется высокое сопротивление маслам, нагару, истиранию. Они нашли широкое применение в изделиях, когда существенно важное значение имеет негорючесть и стойкость к действию озона. Из него получают клиновидные ремни, которые имеют срок службы в 5...6 раз больше, чем ремни из НК и СКС. Высокая плотность ( $1,25 \text{ г/см}^3$ ) хлорпренового каучука препятствует его применению в шинах, так как утяжеляет их вес.

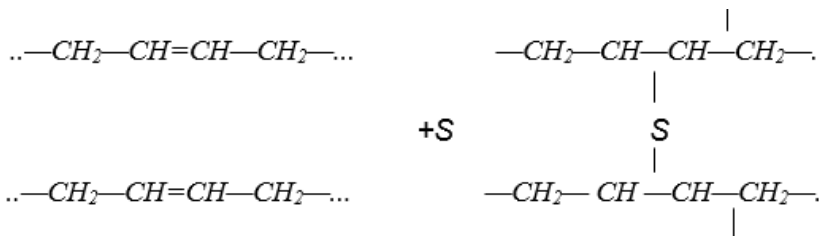
*Изопреновый* каучук СКИ имеет ту же молекулярную структуру, что и натуральный каучук. Его используют в качестве заменителя натурального каучука.

На основе 100-процентного каучука СКИ-3 для всех типов шин изготавливают брекерные резины, а также он входит в состав камерных и протекторных смесей в комбинации с СКС и каучуком СКД.

Резины из *силоксановых* каучуков могут работать при температуре от  $-50$  до  $+200^\circ \text{C}$ . В автомобильной промышленности силоксановые резины применяют для изготовления чехлов свечей зажигания, прокладок, а также уплотнений в коробках передач, в гидравлических муфтах и других узлах. Ассортимент силиконовых каучуков сравнительно большой, что позволяет получать резины с различными физико-химическими и механическими свойствами.

Вулканизация – процесс взаимодействия каучука с серой или другими химическими агентами, приводящий к превращению каучука в резину, обладающую лучшими физико-химическими и механическими свойствами, чем невулканизированный каучук. Природа процесса вулканизации основана на взаимодействии атома серы по месту двойных связей в молекуле каучука по схеме:

## Эксплуатационные материалы



Если сера прореагирует лишь с частью двойных связей, то резина получается мягкой. Чем больше двойных связей вступают в реакцию с серой, тем тверже получается резина.

Наилучшие физико-химические свойства резин получаются при содержании серы 5...8 %; повышение содержания серы до 14...18 % приводит к образованию вулканизата, обладающего меньшей прочностью при растяжении. Если же повысить содержание серы до 30...50 %, то получается очень жёсткий продукт, обладающий высокой прочностью (предел прочности при растяжении – 520...540 кг/см<sup>2</sup>).

Вулканизат с большим содержанием серы известен под названием эбонита, или твёрдого каучука. При вулканизации резиновой смеси не вся сера вступает в химическое взаимодействие с каучуком. Свободная сера с течением времени самопроизвольно выделяется на поверхности резиновых изделий в виде серо-жёлтого порошка (выцветание серы).

Для получения резины, обладающей различными качествами, в каучук вводят, кроме серы, ещё ряд веществ, получивших общее название ингредиентов. Различные ингредиенты, добавляемые в каучук в различных количествах, придают резине определённые свойства.

*Наполнители* вводятся для увеличения объёма каучука, что позволяет снизить его стоимость, причём некоторые наполнители улучшают качество продукции: увеличивается твёрдость, прочность, сопротивление на разрыв и истирание. В качестве наполнителя при получении резиновых шин применяют различные виды сажи, тальк, мел, окись цинка и т.д.

Активные наполнители – усилители – применяют для повышения механических качеств вулканизатов, для увеличения сопротивления разрыву и истиранию. В резину, предназначенную для изготовления покрышек, автомобильных шин, вводится сажа в количестве 30...60 %. Одновременно она является и красящим веществом. Эффективное действие активных наполнителей особенно сильно сказывается на резинах, полученных на основе СКВ,

## Эксплуатационные материалы

СКС и СКН. Их прочность повышается в 10...12 раз по сравнению с ненаполненным вулканизатом.

*Ускорители вулканизации* вводят для сокращения времени и снижения температуры вулканизации, повышения качества резины, увеличения производительности вулканизационной аппаратуры. Кроме того, они сокращают продолжительность ремонта повреждённого резино-технического изделия. Некоторые ускорители задерживают процесс старения резины. Наиболее широко применяют следующие ускорители: каптакс, тиурам, альтокс, дифенилгуандин и др. Ускорители добавляют в резиновые смеси в количестве 0,1...1,5 %. С течением времени под влиянием света и тепла резина утрачивает эластичность и становится жёсткой и хрупкой. На поверхности изделия появляются мелкие трещины. Это явление называют старением резины, которое объясняют окислением непредельных углеводов каучуков.

В качестве *антиокислителей* (противостарителей) для каучука применяют амины, фенолы, хиноны, смолы и другие соединения, которые существенно задерживают процессы старения. Антиокислители вводят в резиновую смесь в количестве от 0,1 до 1,0 %.

*Мягчители* – или пластификаторы – парафин, вазелин, олеиновая кислота, смолы, воск и другие способствуют равномерному распределению порошкообразных ингредиентов в резиновой смеси, повышают пластичность, а также улучшают технологичность производства изделий из резины.

*Красители* предназначаются для придания резине различной краски. В качестве красителей используют окись цинка, литопон, окись титана, сажу, охру, зеленый крон, ультрамарин, анилиновые краски и т. д. Красители выполняют также функции усилителей (окись цинка, сажа).

## Обивочные материалы

Обивочные предназначены для отделки салона легковых автомобилей, автобусов и кабин грузовых автомобилей.

Обивочные материалы придают комфортабельность, улучшают тепло- и звукоизоляцию. Эти материалы должны хорошо мыться, не изменяя внешнего вида, не вытягиваться и не истираться в процессе эксплуатации.

В качестве обивочных материалов применяют ткани, изготовленные из натуральных (растительных) и искусственных волокон, а также используют войлок, натуральные кожи и кожзаменители, смолы, нанесенные на различные тканевые и бумажные



## Эксплуатационные материалы

полотна, и др. Наиболее широко применяют следующие натуральные ткани: парусину, обивочное сукно, вельветон, плюш, репс и др. Из синтетических материалов для отделки салона используют: нейлон, лавсан, капрон и др. Ассортимент синтетических материалов непрерывно возрастает.

Обладая целым рядом преимуществ по сравнению с натуральными материалами (лучшие эксплуатационные свойства и дешевизна) синтетические материалы занимают основное место при производстве обойно-отделочных работ.

### Уплотнительные материалы

Для обеспечения герметизации в местах соединений с другом и не допущения утечки из этих соединений воды, масла, бензина и газов применяют уплотнительные материалы.

Такие материалы должны обладать высокой прочностью, эластичностью, хорошо формоваться и не быть очень жёсткими. Распространённым прокладочным материалом является бумага, обработанная химическими способами: пергамент, картон, фибра и др. Предельная рабочая температура этих материалов – не выше  $+150^{\circ}\text{C}$ . Термостойким уплотнительным материалом является асбест, который встречается в природе в виде волокон и обладает высокой эластичностью, гибкостью и огнестойкостью. Предельная температура применения асбеста – не выше  $+35^{\circ}\text{C}$ . Применяют асбест в качестве одного из компонентов прокладок для впускного и выпускного трубопроводов, головки цилиндров. Асбест как прокладочный материал применяют в сочетании с металлами, цементом, бакелитовой смолой, например феррадаткань из асбестового волокна и латунной проволоки. Применяют её в качестве антифрикционного материала для дисков сцепления. Для уплотнений деталей, соприкасающихся с нефтепродуктами, применяют листовой материал паронит, полученный путём вальцевания асбеста, вулканизированных каучуков и наполнителей.

Клингерит – прокладочный листовой материал, в состав которого входит графит, сурик, каучук. Прокладки из клингерита выдерживают рабочую температуру до  $180...200^{\circ}\text{C}$ . Из пробковой крошки путём прессования получают листовой материал, из которого изготавливают прокладки для уплотнения деталей, работающих в среде нефтепродуктов при температуре  $80...150^{\circ}\text{C}$ . Эту прокладку применяют в крышке топливного бака, в крышке клапанной камеры, в отстойнике топливного насоса и др.

Кроме того, в качестве уплотнительных материалов применяют мастику-герметик. В состав мастики входят: графит, свинцо-

вый сурик, белила, смолы и другие компоненты. Герметик применяют для уплотнения резьбовых и фланцевых соединений.

### Библиографический список

1. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов / *Л.С. Васильева* – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

2. *Обельницкий А.М. и др.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для ВУЗов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / *А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский*, под ред. проф. *А.М. Обельницкого*. – М.: ИПО «Полиграм», 1995. – 272с.

3. *Сафонов А.С. и др.* Автомобильные автоэксплуатационные материалы / *А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, Н.Д. Юскавец*. – СПб.: Гидрометиздат, 1998. – 233 с.

4. *Анисимов И.Г. и др.* Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / *И.Г. Анисимов*. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

5. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки / *Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис*. – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2001. – 208 с.

6. *Р. Балтенас, А.С. и др.* Моторные масла / *Р. Балтенас, А.С. Сафонов, В. Шергалис*. – СПб.: Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.

7. *Данилов А.М.* Применение присадок в топливах для автомобилей. Справ. изд. – М.: Химия, 2000 – 232 с.

8. *Гуреев А.А. и др.* Химмотология: учебник для ВУЗов / *А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи*. – М.: Химия, 1986. – 367 с.

9. *Гуреев А.А. и др.* Автомобильные эксплуатационные материалы / *А.А. Гуреев, Р.Я. Иванова, Н.В. Щёголев*. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.

10. *Кириченко Н.Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. образования / *Н.Б. Кириченко*. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

11. *Березин Б.Д., Березин Д.Б.* Курс современной органической химии. – М.: Высшая школа, 1999. – 768с.

12. *Артёменко А. И.* Органическая химия: Учеб. пособие для студ. не хим. специальности вузов / *А.И. Артёменко*. – М.: Высш. шк., 2003. – 605 с.