

# Эксплуатационные материалы

СКИФ



Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Лекционный курс

Автор

Курень С. Г.

Ростов-на-Дону,  
2018

## **Аннотация**

Лекционный курс предназначен для студентов всех форм обучения по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

## **Автор**

**Курень Сергей Григорьевич –  
канд. техн. наук, доцент**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Классификация эксплуатационных материалов.....	6
1. Виды топлива, свойства и горение. ....	8
<b>1.1 Классификация видов топлива. ....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. химический состав топлива.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Теплота сгорания топлива .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. Теоретически необходимое количество воздуха для горения топлива.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Состав продуктов сгорания топлив. ....</b>	<b>15</b>
2. Общие сведения о получении топлива и смазочных материалов.....	16
<b>2.1. Элементный состав и происхождение нефти. ....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Химический состав нефти, его влияние на свойства топлива и смазочных материалов. ....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Получение топлива и смазочных материалов из нефти. ....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. Получение жидкого топлива из нефтяного сырья. ....</b>	<b>22</b>
<b>2.5. Способы очистки топлива.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6. Очистка смазочных масел. ....</b>	<b>23</b>
3. общие физико-химические показатели нефтепродуктов.....	25
<b>3.1. Требования к нефтепродуктам. ....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. Плотность нефтепродуктов. ....</b>	<b>25</b>
<b>3.3. Вязкость нефтепродуктов.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4. Содержание воды в нефтепродуктах определяют по ГОСТ 2477-65 на специальном приборе .....</b>	<b>27</b>
4. Топливо для карбюраторных двигателей (бензины). ....	27
<b>4.1. требования к бензинам (как к карбюраторному топливу). ....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. Условия сгорания топлива в двигателе. ....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. Теплота сгорания топливовоздушной смеси. ....</b>	<b>30</b>
<b>4.4. Смесеобразующие свойства.....</b>	<b>32</b>

Эксплуатационные материалы

4.5. нормальное и детонационное сгорание.....	35
4.6. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на процесс сгорания. ...	36
4.7. Оценка и методы повышения противодетонационных свойств бензинов.....	37
4.8. Склонность бензинов к образованию отложений. ....	39
4.9. Коррозионные свойства бензинов. ....	40
4.10. Виды и марки бензинов. ....	41
4.11. Применение водно-бензиновых эмульсий.....	44
5. Эксплуатационные свойства и использование дизельного топлива.....	45
5.1. требования, предъявляемые к дизтопливу.....	45
5.2. Условия сгорания топлива.....	45
5.3. оценка самовоспламеняемости топлива.....	47
5.4. Основные свойства дизельного топлива. ....	48
5.5. Коррозионные свойства топлива. ....	52
5.6. ассортимент и нормы расхода дизельного топлива. ....	52
5.7. Снижение расхода дизельного топлива. ....	53
6. Эксплуатационные свойства и использование газообразного топлива.....	54
6.1. Виды газообразного топлива ....	54
6.2. Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания .....	55
7. Классификация и свойства твердого топлива.....	57
8. Эксплуатационные свойства и использование смазочных материалов .....	59
8.1. Роль смазочных материалов в технике .....	59
8.2. Понятие о трении и его видах .....	60
8.3. Виды изнашивания поверхностей деталей .....	63
8.4. Виды смазочных материалов .....	64
9. Моторные масла.....	65
9.1. Эксплуатационные свойства моторных масел.....	65
9.2. Термоокислительная стабильность масел.....	67

Эксплуатационные материалы

9.3. Противокоррозионные свойства масел .....	68
9.4. Противоизносные свойства масел .....	69
9.5. Присадки к моторным маслам .....	71
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	72

## Классификация эксплуатационных материалов

В процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автотранспортной техники используют следующие материалы, которые принято называть эксплуатационными:

- различные виды топлива (твердое, жидкое, газообразное);

- смазочные материалы:

масла (моторные, трансмиссионные, гидравлические, индустриальные, вакуумные, компрессорные, электроизоляционные, приборные, специального назначения);

пластичные смазки (антифрикционные, консервационные, уплотнительные, канатные);

- технические жидкости: охлаждающие, тормозные, промывочные.

Для современных энергонасыщенных тракторов, комбайнов, автомобилей различного назначения, самоходных машин, стационарных установок, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, требуются качественное топливо, моторные, гидравлические и трансмиссионные масла, различные технические жидкости, пластичные смазки и т.п.

Сегодня к новой технике предъявляются жесткие и все возрастающие требования по повышению надежности, долговечности, а также к снижению расходов топлива и смазочных материалов. Источником их получения служит нефть. Нефтепродукты, являясь эксплуатационными материалами, по своему влиянию на показатели работы техники равнозначны конструкционным материалам. Поэтому знание их состава, свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо как специалистам, эксплуатирующим технику, так и работникам машиностроительных отраслей и тем, кто занимается транспортированием, хранением и реализацией нефтепродуктов.

Потребителями эксплуатационных материалов являются современные наземные, воздушные, водные транспортные средства; сельскохозяйственные, мелиоративные, дорожно-строительные и другие машины. В процессе изучения данного курса нельзя не учитывать многообразие техники, в которой применяются эти материалы, но основное внимание в курсе уделено использованию эксплуатационных материалов и экономии топливно-энергетических ресурсов на автомобильном транспорте.

### Энергетические ресурсы

Энергия (от греч. – «действие», «деятельность») – общая количественная мера различных форм движения материи. По физическим процессам различают энергию механическую, тепловую, электромагнитную, гравитационную, ядерную и т.д.

Ресурсы энергоносителей – это нефтяные, газовые, каменноугольные запасы, используемые в качестве источников энергии и как исходные продукты для нужд промышленности химической, нефтехимической, металлургической и т.д.

Запасы полезных ископаемых на 1990 год

Эксплуатационные материалы

Виды ископаемых топлив	Разведанные, извлекаемые				Общие	
	Массовые единицы	тыс. пДж	%	Кратность запасов, лет	Массовые единицы	тыс. пДж
Угли:						
каменные, млрд. т	1075	16172	70	218	13868	313150
бурые, млрд. т	513	6188				
Нефть, млрд. т	124	5184	16	41	354	14822
Газ, трлн. м <sup>3</sup>	109	4346	14	58	271	10524
Битумные сланцы млрд. т	-	-	-	-	6,8	19035
Всего	-	31890	100	-	-	358543

До 1988 года Россия наращивала добычу энергоносителей, доведя ее до 13% суммарного производства на Земле при доле населения 3%. По потреблению первичных энергоресурсов Россия отставала от США на душу населения в 1,5 раза, а на единицу произведенного продукта перерасход энергии был вдвое.

Уже в 1993 году по сравнению с достигнутым максимальным уровнем добыча нефти составила 61%, угля – 72%, газа – 96%, производство электроэнергии – 88%. Производство первичных энергоресурсов в 1993 году составило 82% уровня 1990 года, а потребление их – 89% при уменьшении валового продукта страны до 63%.

За последние 4 года первичная переработка нефти сократилась более чем на 110 млн. т, производство бензина – на 15 млн. т, дизтоплива – на 50 млн. т в год. По данным экспертов, в 2000 году потребность в нефтепродуктах составит 409 млн. т, а добыча нефти всего лишь 235 млн. т, т.е. Россия должна будет тратить колоссальные средства на импорт нефтяных ресурсов для собственных нужд. Выход – перевод на газ 1,5 млн. грузовых автомобилей или 150 тыс. автобусов и 1 млн. грузовиков.

Более 30 стран мира (в т.ч. Канада, государства Скандинавии, ЮАР, ряд африканских и южноамериканских государств) в качестве топлива используют этанол, вырабатываемый из отходов растениеводства и лесопереработки. Его добавляют 10-20% к бензину и дизтопливу. В Бразилии в настоящее время на нефтеспиртовом топливе работают 75% легкового и 60% грузового транспорта.

На Россию приходится почти 1/2 угольных запасов мира, примерно 1/7 часть мировых запасов нефти и 1/3 природного газа (первое место в мире, Иран - второе). Примерно 70% балансовых запасов нефти в России находятся на территории Западной Сибири; более 9% в Уральском экономическом районе, значительны запасы Поволжского и Северного регионов; имеются разведанные запасы нефти на Дальнем Востоке (в т.ч. на о. Сахалин), в Восточно-Сибирском районе, на Северном Кавказе.

Вся используемая нами энергия солнечного происхождения. Путем фотосинтеза энергия излучения Солнца запасается в виде химической энергии веществ в растениях. Животные питаются этими растениями и сохраняют энергию в виде биологических молекул – молекул живых систем.

Солнечная энергия и энергия, запасаемая в виде биомолекул, - это основные энергетические источники жизни на нашей планете. Использование различных

Эксплуатационные материалы

видов «запасенной» солнечной энергии, ставшее возможным после открытия явления горения, сыграло основополагающую роль в развитии человеческой цивилизации. Ископаемые топлива образованы из биомолекул доисторических растений и животных.

## 1. Виды топлива, свойства и горение.

### 1.1 Классификация видов топлива.

Вещество, умышленно сжигаемое для получения тепловой энергии, называют топливом. К топливам предъявляют требования:

- при сгорании выделять возможно больше теплоты;
- сравнительно легко загораться и давать высокую температуру;
- быть достаточно широко распространенным в природе, доступным для разработки и дешевым при использовании;
- сохранять свои свойства во время хранения.

Этим требованиям наиболее полно отвечают вещества органического происхождения: нефть, природный газ, ископаемый уголь, горючие сланцы, торф.

По агрегатному состоянию все виды топлива подразделяют на жидкие, газообразные и твердые, а по происхождению на естественные и искусственные (смотреть таблицу 1).

Таблица 1.1. общая классификация топлива

Агрегатное состояние	топливо	
	естественное	искусственное
жидкое	нефть	Бензин, керосин, дизтопливо, мазут, спирт, бензол, смолы (каменно-угольная, торфяная, сланцевая и др.)
газообразное	Природный и нефтепромысловый газы	Газы (генераторный, водяной, светильный, коксовый, полукоксый, доменный, нефтеперерабатывающих заводов и др.)
твердое	Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, дрова	Каменноугольный кокс и полукокс, брикетированное и пылевидное топливо, древесный уголь и др.

### 1.2. химический состав топлива

топливо состоит из горючих и негорючих частей. К первой относят совокупность различных органических соединений, в которую входят углерод (С), водород (Н), кислород (О), азот (N), и сера (S). Негорючая часть (балласт) состоит из минеральных примесей, включающих золу и влагу.

Химическую природу и твердых и жидких топлив установить очень трудно. Поэтому при исследовании химического состава ограничиваются элементным составом топлива (в процентах по массе), который характеризует его качество.

Углерод (С) – основная горючая часть топлива. С увеличением его содержания тепловая ценность топлива повышается. В различных видах топлива содержится от 50 до 97% углерода.



Эксплуатационные материалы

Водород (H) – вторая по значимости после углерода горючая составляющая топлива. В топливе содержится до 25% водорода, но теплоты при его сгорании выделяется в 4 раза больше.

Кислород (O) – не горит и не выделяет теплоты, поэтому считается внутренним балластом. Его содержание колеблется от 0,5 до 5 %.

Азот (N) – не горит и является внутренним балластом топлива. В жидком и твердом топливах его содержание составляет от 0,5 до 1,5%.

Сера (S) – при сгорании выделяет тепло, является нежелательной составной частью топлива, т.к. продукты ее сгорания сернистый SO<sub>2</sub> и сернит SO<sub>3</sub> ангидриды вызывают сильную газовую и жидкостную коррозию металлических поверхностей. В твердом топливе серы содержится до 8%, в нефти – от 0,1 до 4%.

Зола (A) – негорючий твердый компонент, количество которого определяют после полного сгорания топлива. Она нежелательна в топливе, т.к. способствует усилению абразивного износа, усложняется эксплуатация ДВС.

Влага (W) – нежелательный компонент в топливе, т.к. ее наличие отбирает часть теплоты на испарение, что снижает теплотворную способность топлива и ухудшает загоряемость топлива.

В практике пересчитывают элементный состав топлива на его рабочую, сухую и горючую массы.

Топливо, поступающее потребителю, содержит все возможные компоненты, включая золу и влагу, называют рабочим топливом, элементный состав которого выражается уравнением:

$$C_p + H_p + O_p + N_p + S_p + A_p + W_p = 100\% \quad (1)$$

Путем искусственной сушки при температуре 105 °С удаляется влага, изменяя элементный состав:

$$C_e + H_e + O_e + N_e + S_e + A_e = 100\% \quad (2)$$

Горючая масса топлива выражается уравнением:

$$C_g + H_g + O_g + N_g + S_g = 100\% \quad (3)$$

Хотя (O) и (N) можно отнести лишь условно, т.к. они часто входят в соединения с горючими элементами C, H, S.

Имеются соотношения, которыми можно пользоваться для пересчета элементного состава топлива при переходе от одного вида массы к другому. Например, содержание (%) углерода в сухой массе, по данным анализа рабочего топлива, определяют при помощи выражения:

$$C_c = C_p \frac{100}{100 - W_p},$$

где C<sub>p</sub> – процентный состав углерода в рабочем топливе;

W<sub>p</sub> – состав влаги в рабочем топливе;

- коэффициент пересчета.

H<sub>2</sub>+CO+CH<sub>4</sub>+C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>=100% - горючая часть газа.

У газообразных видов топлива горючая часть состоит из водорода H, оксида углерода CO, метана CH<sub>4</sub> и других углеводородов (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) с числом углеродных атомов до 4-х включительно. Основную тепловую ценность газообразного топлива представляют метан CH<sub>4</sub> и более тяжелые углеводороды. Оксид углерода CO дает небольшое количество тепла. Балластную часть газообразного топлива

Эксплуатационные материалы

составляют негорючие газы, такие как азот N, углекислый CO<sub>2</sub> и сернистый SO<sub>2</sub>, кислород O<sub>2</sub> и пары воды H<sub>2</sub>O.

Таблица 1.2. таблица для пересчета состава топлива (коэффициенты формулы 5).

Известная масса топлива	Искомая масса топлива		
	рабочая	сухая	горючая
рабочая	1	$\frac{100}{100 - W_p}$	$\frac{100}{100 - A_p - W_p}$
сухая	$\frac{100 - W_p}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A_p}$
горючая	$\frac{100 - W_p - A_p}{100}$	$\frac{100 - A_e}{100}$	1

Все тепловые расчеты ведут на рабочую (реальную) массу топлива, но ее состав зависит от содержания воды и золы. Более стабилен состав сухого топлива, поэтому часто приходится прибегать к пересчетам с одной массы на другую. Это легко сделать, зная коэффициенты, представленные в таблице 2. элементный состав жидких и газообразных топлив приведен в таблицах 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3. элементный состав и характеристики жидких топлив.

Вид топлива	Элементный состав, %			Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Низшая теплота сгорания, кДж/кг	Количество воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива	Октановое число ОЧМ/ОЧИ
	С	Н	О				
Бензин	85	15	0	720	44200	14,95	70-98/-
Метанол	37,5	12,6	49,9	796	19300	6,5	90/-
Этанол	52	13,2	34,8	815	27350	9,02	99/-

Таблица 1.4. элементный состав и характеристики газообразного топлива.

Вид газа	Состав газа (% по объему)										Низшая теплота сгорания, кДж/м <sup>3</sup>	Объем возд., необход. для сгорания м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Октан. число ОЧИ
	H <sub>2</sub>	Метан CH <sub>4</sub>	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Пентан C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>			
КПГ*	-	96,4	2,4	0,4	0,3	0,1	-	-	0,4	-	37100	9,77	119
КПГ	-	88,2	5,3	4,8	1,7	-	-	-	-	-	42000	10,95	117
СПГ**													
(Алжир)	-	87,2	8,18	2,4	0,98	-	-	-	-	1,23	40000	10,5	118
СПГ	-	88,8	5,6	3,7	1,8	-	-	-	-	-	41200	10,8	118

КПГ\* - компримированный природный газ (давление до 20 МПа);

СПГ\*\* - сжиженный природный газ (давление до 1,6 МПа).

### 1.3. Теплота сгорания топлива

Теплотой сгорания (Q) называют количество тепла, которое выделяется при полном сгорании единицы массы (кг) жидкого и твердого топлива или единицы

Эксплуатационные материалы

объема (м<sup>3</sup>) газообразного топлива. Размерность удельной теплоты кДж/кг или кДж/м<sup>3</sup>.

Максимально возможное количество тепла  $Q_v$  будет получено в том случае, когда вода, которая содержится в топливе и образуется в результате сгорания водорода, остается в капельно-жидком состоянии. Если же вода в продуктах сгорания будет находиться в виде пара (на что тратится часть тепла), то получим низшую (полезную) теплоту сгорания  $Q_n$ .

Зная элементный состав топлива, теплоту сгорания жидкого топлива можно определить аналитическим путем, используя формулу Д.И. Менделеева высшее удельное количество теплоты (кДж/кг):

$$Q_v = 339C + 1256H - 109(O - S) \quad (4)$$

Низшее количество теплоты (кДж/кг):

$$Q_n = Q_v - 25(9H + W), \quad (5)$$

причем содержание химических элементов выражают в %.

Для газообразного топлива:

$$Q_v = 128(CO + H_e) + 399CH_4 + 639C_nH_m, \quad (6)$$

$$Q_n = 128CO + 108H_2 + 356CH_4 + 589C_nH_m. \quad (7)$$

В приведенных формулах состав газа берут при нормальных условиях в процентах (по объему). Коэффициенты показывают, какое количество тепла выделяется при сгорании горючих составляющих. Значения теплоты сгорания для различных топлив приведены в таблицах 1.3. и 1.4.

Каждый вид топлива имеет разный состав, физические и химические свойства, а следовательно, и различную теплоту сгорания. Для удобства сравнения отдельных видов топлива, составления заявок, подсчетов запасов, замены одного топлива другим установлен эталон. В качестве эталона принято условное топливо, теплота сгорания которого принята равной 29307 кДж/кг, а газообразного – 29307 кДж/м<sup>3</sup>. вводится понятие «калорийный эквивалент»:

$$\mathcal{E}_{\text{кал}} = \frac{Q_n^p}{29307}, \quad (8)$$

где  $Q_n^p$  - теплота сгорания топлива (полезная).

Пользуются также выражением, в котором фигурирует эталон, равный 7000 ккал/кг, тогда:

$$\mathcal{E}_{\text{кал}} = \frac{Q_n^p}{7000}. \quad (9)$$

Значения калорийных эквивалентов для основных видов топлива приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Калорийные эквиваленты.

Топливо	Теплота сгорания $Q_n^p$ , кДж/кг	Калорийный эквивалент, $\mathcal{E}_{\text{кал}}$
Условное топливо	29307	1,00
Каменный уголь (К)	29310	1,00
Антрацит (АП)	30230	1,03
Бурый уголь (БК)	14235	0,49
Торф	13440	0,46

Эксплуатационные материалы

Древесина	12560	0,43
Нефть	41867	1,42
Бензин	45216	1,57
Дизельное топливо	42704	1,45
Мазут	41448	1,40
Газы:		
природный	35586	1,21
водяной	10885	0,37
светильный	18003	0,63
сжиженный	46000	1,56

Различают два вида топливных эквивалентов: калорийный ( $\mathcal{E}_{\text{кал}}$ ) и технический ( $\mathcal{E}_{\text{тех}}$ ).

При использовании различных видов топлива в котельных установках пользуются техническим эквивалентом:

$$\mathcal{E}_{\text{тех}} = \frac{Q_n^p \eta_k}{29307} \quad \text{или} \quad \frac{Q_n^p \eta_k}{7000},$$

где  $\eta_k$  - средний КПД котла при сжигании данного топлива.

Чтобы определить теплоту сгорания более точным способом, необходимо провести сжигание топлива в специальном приборе, называемом калориметром. При экспериментальном определении теплоты сгорания основными являются три величины: масса воды (A), участвующая в опыте; температура, до которой нагрелась вода (T); количество сгоревшего топлива (q).

На основании экспериментальных данных высшую теплоту сгорания подсчитывают по формуле:

$$Q_v^p = \frac{A(T-t)}{q} \times 4.1867,$$

где A – масса воды, участвующая в опыте, кг;

T – температура нагретой воды в конце опыта, °C;

t – температура воды в начале опыта, °C;

q – масса сгоревшего за опыт топлива, кг;

k=4,1867 кДж/град·кг.

Экспериментальное определение теплоты сгорания трудоемко и сложно. Поэтому для многих расчетов пользуются аналитическими расчетами, погрешность которых составляет  $\pm 2 \dots 4\%$ .

## 1.4. Теоретически необходимое количество воздуха для горения топлива.

Горение – это быстро протекающая химическая реакция соединения топлива и окислителя, которая сопровождается выделением тепла и излучением света.

В качестве окислителя чаще всего выступает кислород воздуха, иногда и другие окислители. Для возникновения реакции необходимо, чтобы топливо и окислитель были нагреты до температуры самовоспламенения топлива, которая зависит от его химического состава и физических свойств, концентрации кислорода, способов смесеобразования, температуры окружающей среды и т.д.

Эксплуатационные материалы

По агрегатному состоянию компонентов горения различают два типа горения: гомогенное, при котором топливо и воздух находятся в газообразном состоянии; гетерогенное, когда участвующие в реакции вещества находятся в различных агрегатных состояниях.

По скорости горения различают нормальное и взрывное.

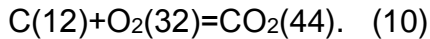
Большую роль в процессе горения топлива играет воздух. Если его в составе смеси недостаточно, то сгорание протекает медленно, температура невысока, образуются продукты неполного сгорания (оксид углерода, углеводороды, сероводород, метан и др.), заметно снижается количество выделяемой теплоты.

Если воздуха в смеси больше определенного количества, то значительное количество теплоты будет расходоваться на нагревание азота и избыточного кислорода. Скорость и температура сгорания снижается и увеличивается расход топлива.

На организацию процесса сгорания оказывают влияние многие факторы: вид агрегатного состояния сжигаемого топлива; соотношение в смеси топлива и окислителя; условия смесеобразования; температура процесса горения; интенсивность удаления продуктов сгорания; вид окислителя (кислород воздуха или чистый кислород); конструкция двигателя.

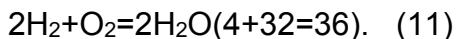
Теоретически необходимое количество воздуха, которое требуется для полного сгорания 1 кг жидкого топлива состава C, H, S и O, может быть подсчитано на основании стехиометрических соотношений для реакции горения элементов горючей массы топлива.

Рассмотрим реакцию окисления углерода топлива:



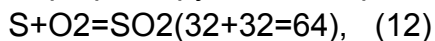
Таким образом, для полного сгорания 1 кг углерода топлива потребуется  $32/12=2,67$  кг кислорода.

Для окисления 1 кг водорода воспользуемся следующей химической реакцией:



Значит, чтобы полностью произошло окисление водорода, нам потребуется  $32/4=8$  кг кислорода.

Сера реагирует с кислородом по уравнению:



т.е. для сгорания 1 кг серы необходимо  $32/32=1$  кг кислорода.

Значит, для полного сгорания 1 кг топлива рассматриваемого элементного состава (в массовых процентах) потребуется кислорода  $O_v$  (кг):

$$O_v = \frac{2,67C + 8H + S - O}{100}. \quad (13)$$

В этом случае предполагается, что содержащийся в топливе кислород полностью затрачивается на горение. В действительности же при сжигании топлива подводится не чистый кислород, а воздух, в котором содержится лишь 23,2% кислорода по массе. Тогда теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг топлива можно определить по формуле:

$$L_{TB} = \frac{(2,67C + 8H + S - O) \times 100}{100 \times 23,2}, \quad \left[ \frac{кг}{кг} \right] \quad (14)$$

Эксплуатационные материалы

В данных формулах, которые справедливы для твердых и жидких видов топлива, состав взят в процентах, т.е. С, Н, S, О – состав топлива по массе, %; 23,2 – содержание кислорода в воздухе по массе, %.

1,293 – плотность воздуха (знаменатель иногда принимают  $23,2 \times 1,293 = 30$ ), тогда количество воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива можно выразить через  $\text{м}^3/\text{кг}$ :

$$L_{TB} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{23,2 \times 1,293} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{30} \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right] \quad (15)$$

Для газообразного топлива:

$$L_{TB} = \frac{0,5(H_2 + CO) + 2CH_4 + 3C_nH_m - O_2}{21} \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \right] \quad (16)$$

где  $H_2, CO, CH_4, C_n, H_m, O_2$  – состав газообразного топлива по объему, %;

21 – количество кислорода (%) в воздухе по объему при нормальных условиях ( $0^\circ\text{C}$  и  $760 \text{ мм.рт.ст.}$ ).

В реальных условиях обеспечить полное сгорание всего топлива с расчетным (теоретически необходимым) количеством воздуха очень трудно. Поэтому на практике подают некоторый избыток воздуха, а процесс горения осуществляют с действительным количеством воздуха ( $L_{действ}$ ), которое определяют расчетом по составу продуктов сгорания или непосредственным измерением подаваемого воздуха разными приборами (расходомера, диафрагмы, сопла).

Отношение действительного израсходованного количества воздуха к теоретически необходимому называют коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{L_{действ}}{L_{теор}} ; L_{действ} = \alpha L_{теор} \quad (17)$$

В зависимости от соотношения количества воздуха и топлива может быть несколько видов горючей смеси. Если полное сгорание происходит с расчетным количеством воздуха, то коэффициент избытка воздуха  $\alpha=1$ , а смесь называют нормальной. При  $\alpha>1$  – смесь бедная, при  $\alpha<1$  – смесь богатая.

Режимная работа двигателя как на бедных, так и на богатых смесях невыгодна, т.к. приводит к потере мощности.

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76(O_2 - 0,5CO)}{N_2}}$$

При неполном горении (18);

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76O_2}{N_2}}$$

при полном горении (19)

где  $O_2, CO, N_2$  – содержание кислорода, оксида углерода, азота в продуктах сгорания в % по объему.

Таблица 1.6. Значения коэффициента избытка воздуха.

Топливо	Коэффициент избытка воздуха $\alpha$
Бензин	0,9...1,15

Эксплуатационные материалы

Газообразные	1,05...1,20
Дизельное топливо:	
для высокооборотных двигателей	1,20...1,40
для низкооборотных двигателей	1,50...1,70

### 1.5. Состав продуктов сгорания топлив.

Обеспечить полное сгорание топлива необходимо не только с точки зрения повышения экономичности двигателя, но и в связи с проблемой снижения токсичности отработавших газов автомобиля. Токсичные вещества загрязняют окружающую среду, вредно воздействуют на живые организмы и растительность. Хорошо отрегулированный автомобиль при годовом пробеге 15 000 км потребляет 4350 кг кислорода, а выбрасывает 3250 кг углекислого газа, 530 кг угарного газа (СО), 93 кг углеводородов и 27 кг окиси азота. Неисправный двигатель выделяет токсичных компонентов в 2-3 раза больше. В атмосферу также выбрасывается 80% массы свинца, содержащегося тетраэтилсвинце. В выхлопных газах дизельного двигателя много канцерогенных веществ и окислов азота, дыма и сажи.

Таблица 1.7. Средний состав ОГ, % по объему.

Наименование компонента	Химическая формула	Предел концентрации, % по объему	
		Бензиновые двигатели	дизели
Нетоксичные:			
Азот	N <sub>2</sub>	74...76	76...78
Кислород	O <sub>2</sub>	0,1...0,7	3,0...14,0
Пары воды	H <sub>2</sub> O	4...13	4,0...9,0
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	5...12	3,0...12,0
Токсичные:			
Оксид углерода	CO	1...10	0,01...0,3
Оксиды азота	NO <sub>x</sub>	0,004...1,0	0,005...0,2
Оксид серы	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	0...0,15	0,1...0,3
Альдегиды	CH <sub>2</sub> O	0...0,2	0...0,05
Сажа (углерод)	C	0...100 мг/м <sup>3</sup>	20...2000 мг/м <sup>3</sup>
Углеводороды	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,15...3,0	0,01...0,5
Бензапирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0...25 мг/м <sup>3</sup>	0...10 мг/м <sup>3</sup>
Оксид свинца	PbO	0,08...0,2	-
сероводород	H <sub>2</sub> S	-	0...0,05

Полностью исключить наличие токсических веществ в отработавших газах двигателя внутреннего сгорания нельзя. Предупредить заранее относительно нормы количество токсичных веществ можно путем соблюдения режимов технического обслуживания, периодического проведения регулировок и их качественного выполнения; снижения расхода топлива; повышения качества ремонта.

На расход топлива и на токсичность влияет техническое состояние газораспределительного механизма (изменение тепловых зазоров и подгорание выпускных клапанов), а также нарушения в работе системы зажигания (угол опережения зажигания, свечи зажигания и т.д.). большая роль в снижении токсических выбросов отводится регулировкам карбюратора (уровень топлива в поплавковой камере, система холостого хода и др.)

## Эксплуатационные материалы

Токсичные компоненты, указанные в таблице 1.7. действуют по-разному на организм человека. Оксид углерода (СО) вызывает кислородное голодание организма и поражает центральную нервную систему. Оксиды азота, попадая в организм человека соединяются с водой и образуют азотсодержащие кислоты. Максимальное количество оксидов азота образуется при  $\alpha=1,05...1,1$ . Альдегиды раздражающе действуют на слизистые оболочки и поражают нервную систему. Соединения свинца, брома хлора (этилированные бензины) являются сильными ядами, вызывают пищевые отравления, разрушают органы дыхания и нервную систему. Сажа, оседая в легких человека, может вызывать появление злокачественных образований.

Выбросы вредных веществ автомобилями с различными типами двигателей регламентируются соответствующими стандартами (Допустимые нормы содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах бензиновых двигателей и Дымность дизелей).

Проверку допустимых норм содержания вредных компонентов в «ОГ» автомобилей проводят ежегодно при проведении технического осмотра или после выполнения ТО и ремонта.

Для проверки содержания вредных компонентов (СО, СН) в «ОГ» бензиновых двигателей применяются однокомпонентные газоанализаторы: ГАИ-1, Инфралит (для измерения СО); 123-ФА, ГЛ1122 (для измерения СН) и двухкомпонентные газоанализаторы (СО, СН): ГИАМ-21, ГИАМ-27 (и его модификации) и др.

Для проверки дымности (прозрачности) выхлопных газов дизелей применяют дымомеры: КИД-2, ОД-1, ИД-1, СМОГ-1 и др.

## 2. Общие сведения о получении топлива и смазочных материалов.

### 2.1. Элементный состав и происхождение нефти.

В наши дни нефть – это источник получения жидкого топлива различных видов и назначений, смазочных и специальных масел, пластичных смазок и другой разнообразной продукции.

Нефть – сложная смесь соединений углерода с водородом.

Элементный состав нефти: углерод – 83...87%; водород – 11...14%; кислород – 0,1...1,2%; азот – 0,02...1,7%; сера – 0,01...5,5%.

По внешнему виду – это маслянистая жидкость от темно-коричневого до желтого цвета. Плотность – 0,75...1,3 г/см<sup>3</sup>.

Нефть имеет органическое происхождение. Исходными веществами для образования нефти служили продукты распада растительных и животных организмов под действием бактерий. В результате распада органические соединения накапливались в осадочных отложениях прибрежно-морских зон; к ним добавлялись аналогичные вещества, приносимые водными потоками с суши.

В последующие геологические периоды при погружении морского дна и перемещении осадочных пород содержащиеся в них органические вещества под действием тепла и давления частично распадались и превращались в



Эксплуатационные материалы

газообразные и жидкие углеводороды нефти. Состав и свойства нефти зависят от характера исходного органического вещества, свойств окружающих пород, времени и ряда других условий и факторов.

## 2.2. Химический состав нефти, его влияние на свойства топлива и смазочных материалов.

Основную массу вещества нефти составляют углеводороды трех групп:

- парафиновые (алканы);
- нафтеновые (цикланы);
- ароматические (арены).

Состав и свойства их зависят от происхождения и места добычи нефти.

Парафиновые углеводороды имеют общую эмпирическую формулу  $C_nH_{2n+2}$ . Они составляют основную массу нефти. Общее содержание парафиновых углеводородов в нефтях и продуктах переработки составляет 50...60%. Наиболее высокое их содержание приходится на фракции, выкипающие до 150 °С. К ним относятся: газообразные углеводороды, начиная с метана  $CH_4$ ;

жидкие, начиная с пентана  $C_5H_{12}$  и

твердые, начиная с гексадекана  $C_{16}H_{34}$ .

Молекулы парафиновых углеводородов имеют неразветвленные цепи атомов углерода и носят название нормальных. Углеводороды такого типа устойчивы к реакциям окисления, но с повышением температуры (более 250...300 °С) окислительные процессы интенсифицируются.

Парафиновые углеводороды обладают высокой температурой застывания, что делает их присутствие в зимних видах топлива и смазочных масел крайне нежелательным.

Подразделяются на Н-парафины (нормальные) и изомерные (И-парафины), обладающие разными свойствами.

Нафтеновые углеводороды имеют циклическое строение, в их молекулы входят замкнутые кольца атомов углерода, соединенных между собой простыми валентными связями.

В легких топливных фракциях нефти содержатся моноциклические нафтеновые углеводороды, молекулы которых включают в себя по одному кольцу, содержащему 5 или 6 атомов углерода. Общая эмпирическая формула всех моноцикланов  $C_nH_{2n}$ . Представителями моноцикланов являются циклопентан ( $C_5H_{10}$ ) и циклогексан ( $C_6H_{12}$ ).

У более сложных нафтеновых углеводородов в молекулу входят, кроме циклического ядра, одна или несколько боковых цепей, представляющих собой радикалы Н-парафиновых углеводородов. При одном и том же числе атомов в молекулах для нафтенов существует большое количество изомеров, которые различаются расположением и структурой боковых цепей.

Содержание нафтеновых углеводородов в нефти колеблется от 20 до 30% и выше, в масляных фракциях достигает 70%.

## Эксплуатационные материалы

Нафтеновые углеводороды, обладающие невысокими температурами плавления, понижают температуру застывания и поэтому являются ценным составным компонентом зимних видов топлива и смазочных масел. Благодаря устойчивости нафтеновых углеводородов к окислению при высоких температурах, карбюраторное топливо имеет хорошие противодетонационные свойства.

Ароматические углеводороды содержат шестичленные (циклические), (банзольные) ядра, простые или конденсированные со структурной формулой  $C_nH_{2n-6}$ , например бензол ( $C_6H_6$ ); толуол (метилбензол  $C_7H_8$ ).

В легких фракциях нефтепродуктов содержатся моноциклические углеводороды. В более тяжелых, кроме моноциклических, содержатся полициклические ароматические углеводороды, в молекулы которых входят 2-3 конденсированных кольца и более, или же кольца, соединенные между собой промежуточными цепями.

В нефтях содержится от 10 до 50% ароматических углеводородов. Их количество в отдельных фракциях нефти возрастает по мере повышения температуры кипения фракции.

Ароматические углеводороды обладают высокой термической устойчивостью к реакциям окисления. Для этого типа углеводородов характерны высокие значения вязкости, плотности, температуры кипения. При понижении температуры вязкость Аренов резко возрастает, что сказывается на свойствах смазочных масел.

Присутствие ароматических углеводородов в бензинах улучшает противодетонационные свойства, а в дизельных топливах ухудшает самовоспламеняемость и делает работу дизеля жесткой.

Непредельные углеводороды образуются в процессе термической переработки нефти. Они легко окисляются и имеют склонность к реакциям присоединения и уплотнения. Из-за малой стабильности непредельных углеводородов (образования высокомолекулярных смолисто-асфальтовых веществ) их присутствие в топливе и смазочных материалах нежелательно.

Представителями непредельных углеводородов являются (олефиновые углеводороды) этилен  $C_2H_2$  (с одной двойной связью); бутадиен  $C_4H_6$  (диолефиновые углеводороды) со структурной формулой  $C_nH_{2n-2}$ , которые имеют 2 двойные связи.

Органические кислоты – это соединения, содержащие кислород. Основными органическими кислотами в нефти являются нафтеновые. Они активно взаимодействуют с цветными металлами, образуя соли (особенно с цинком и свинцом). Основное количество нафтеновых кислот содержится в топливно-газойлевых фракциях нефтей.

Смолисто-асфальтовые вещества являются сложными соединениями углерода, водорода, кислорода, иногда серы, частично заменяющей водород. Смолисто-асфальтовые вещества подразделяются на нейтральные нефтяные смолы, асфальты, карбены и кислые нефтяные смолы. Смолисто-асфальтовые

Эксплуатационные материалы

вещества являются нерастворимыми и ухудшают качество нефтепродуктов, поэтому присутствие их в легких топливах недопустимо.

Сернистые соединения делятся на активные, непосредственно вступающие в реакцию с металлами (сероводород  $H_2S$ , отдельная сера S, меркаптаны), и неактивные (нейтральные), которые на металлы не действуют.

Нейтральные соединения составляют основную массу сернистых соединений – 70...80%. Наличие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается.

Азотистые соединения содержатся в нефтях в малых количествах (0,03...3%) и практически удаляются при очистке нефтепродуктов.

### 2.3. Получение топлива и смазочных материалов из нефти.

Существуют 2 способа получения жидкого топлива из нефти: прямая перегонка (без нарушения структуры углеводородов сырья); перегонка химическим способом (крекинг-процесс) – с нарушением структуры углеводородов.

Прямая перегонка представляет собой физический процесс разделения нефти на отдельные фракции, отличающиеся температурой кипения. При этом пары отдельных фракций собирают и конденсируют по частям. В результате перегонки на специальной установке (рисунок 2) получают топливные дистилляты и остаток, называемый мазутом, который в дальнейшем может быть использован для химической переработки и получения смазочных масел.

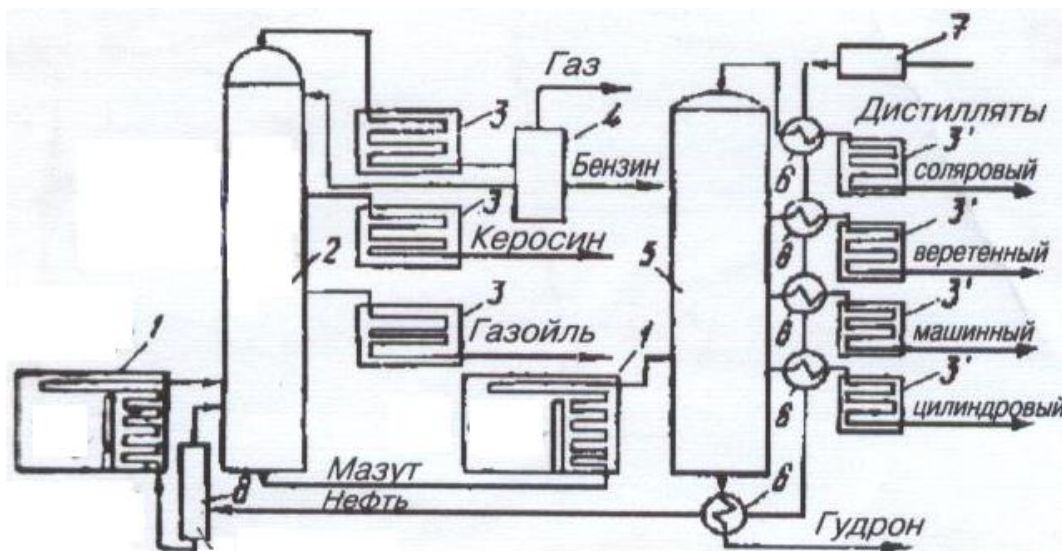


Рис. 2. ' Схема нефтеперегонки

- 1 – трубчатая печь;
- 2 – ректификационная колонна (топливная);
- 3 – холодильник;
- 4 – конденсатор-газоотделитель;

### Эксплуатационные материалы

- 5 – ректификационная колонна (масляная);
- 6 – теплообменники;
- 7 – насос (1 МПа);
- 8 – испарительная колонна.

Процесс разделения нефти на топливные и затем мазута на масляные дистилляты происходит следующим образом. Нефть подается насосом 7 под давлением 1 МПа в систему, проходит через теплообменники 6 дистиллятов и поступает в небольшую испарительную колонну 8, откуда легкокипящая часть нефти идет в ректификационную колонну 2, а основная масса поступает в трубчатую печь 1. Нефть, проходя по змеевику, плавно нагревается топочными газами, движущимися сверху вниз, до температуры 330...350 °С, а затем частично испаряется. При этом скорость движения ее в змеевике все время возрастает от 1...2 м/с в начале змеевика до 60...80 м/с в конце, что предотвращает местные перегревы и разложение нефти. Смесь паров нефти и неиспарившаяся ее части из змеевика трубчатой печи поступает в ректификационную колонну 2. при вводе в колонну скорость движения смеси резко возрастает, давление снижается и оставшиеся легкие фракции испаряются.

Пары нефти поднимаются в верхнюю часть колонны, которая разделена металлическими тарелками с отверстиями, прикрытыми колпачками. Сверху колонны подают орошение; в качестве оросителя используют часть легкокипящей фракции. Поднимающаяся вверх по колонне смесь паров охлаждается и конденсируется на соответствующих тарелках. Легкокипящие фракции в паровой фазе достигают верха колонны и вместе с испарившимся оросителем отводятся из колонны в конденсатор-газоотделитель 4, где одна часть их переходит в жидкую фазу, а другая фаза остается в виде газообразной.

Более тяжелые топливные фракции отводят из колонны через холодильники 3 и отбирают дистилляты: бензиновый – 40...200 °С, керосиновый – 140...300 °С и газойлевый – 230...250 °С. В остатке получается мазут, который далее используется в качестве сырья для получения масляных дистиллятов по аналогичной схеме. Во избежание расщепления масляных углеводородов в вакуумных трубчатых печах мазут нагревают и испаряют с применением перегретого пара при температуре до 420...430 °С, что позволяет снизить температуру кипения и полнее испарить его.

При перегонке на ректификационной колонне получают из легкокипящих фракций маловязкие смазочные масла типа индустриальных; из высококипящих – средние и тяжелые масла, в том числе и моторные.

После отгона из мазута масляных дистиллятов в остатке получают гудрон, а при менее глубоком отборе масляных фракций – полугудрон. Применяя глубокую обработку гудронов и полугудронов серной кислотой и очистку отбеливающими глинами, из них получают высоковязкие остаточные масла (главным образом авиационные).

При прямой перегонке выход светлых фракций зависит от природы нефти и составляет, в частности, для бензинов не более 9...12%, редко 20%.

Деструктивные (химические) методы переработки нефти.

## Эксплуатационные материалы

Повышение спроса на бензин вызвало необходимость увеличения его производства. Метод состоит в расщеплении высокомолекулярных фракций на фракции с меньшей молекулярной массой. Этот метод получил название крекинг-процесс. Использование этого процесса позволяет увеличить выход бензиновых фракций до 50...60%.

Крекинг-процесс, протекающий под действием теплоты, называется термическим крекингом, под действием теплоты и в присутствии катализатора – каталитическим.

Основными факторами термического крекинга являются температура, давление, время процесса и состав сырья. Например, если при 400 °С для получения 30% бензина из мазута необходимо 12 часов, то при нагревании до 500 °С время процесса составляет лишь 30 секунд.

Наиболее желательным сырьем для крекинга являются высокомолекулярные Н-парафины. При крекинге нефтяных углеводородов происходит отщепление и расщепление боковых цепей; крекинг ароматических углеводородов сопровождается разрывом колец.

В состав крекинг-бензинов входит большое количество непредельных углеводородов, в то время как в бензинах прямой перегонки нефти их почти нет. Вследствие этого крекинг-бензины весьма нестойки при хранении. Для повышения стабильности в них добавляют вещества-антиокислители, называемые стабилизаторами. В качестве антиокислителей применяют нафтол, фенольные фракции древесной смолы (240...310 °С), параоксидифаниламин, которые добавляют к топливу в сотых или тысячных долях процента.

Если крекинг-процесс осуществляется при давлении 2...5 МПа и температуре 480...500 °С, он называется жидкофазным крекингом, а при давлении 0,2...0,6 МПа и температуре 520...550 °С и выше – парофазным. При парофазном процессе бензины более насыщены непредельными углеводородами и выход жидкого топлива ниже в сравнении с жидкофазным.

Каталитический крекинг в сравнении с термическим – более совершенный технологический процесс, т.к. часть образующихся непредельных углеводородов превращаются в предельные, которые затем переходят в изомерную форму. Вследствие этого качество бензинов каталитического крекинга более высокое.

При каталитическом крекинге выход автомобильных бензинов составляет до 56%, фракций дизтоплива – до 40% и газа – до 15%.

К разновидностям крекинг-процесса относится реформинг, применяемый для улучшения качества нефтепродуктов путем понижения молекулярной массы углеводородов; деструктивная гидрогенизация – процесс, протекающий в присутствии водорода и катализатора при давлении порядка 20...30 МПа, в результате чего происходит насыщение водородом продуктов расщепления; гидролиз, протекающий при температуре около 700 °С, особенность которого – образование ароматических углеводородов; гидроформинг – процесс протекает при высокой ароматизации углеводородов и бензины получают высокого качества.

Путем выделения из природного газа и газов крекинга легких бензиновых углеводородов с последующим их сжижением получают газовый бензин, который

используется в качестве пускового топлива и вводится как добавка к бензинам прямой перегонки и крекинг-бензинам.

## 2.4. Получение жидкого топлива из нефтяного сырья.

Для получения жидкого топлива могут служить сланцы, угли, торфы, газообразные продукты, а также спирты (этиловый и метиловый). Существуют следующие способы: термическая переработка твердых горючих ископаемых (с получением смол для последующей перегонки); деструктивная гидрогенизация; синтез газов; получение спиртов и т.д.

При термической переработке твердое горючее нагревают без доступа воздуха при температуре 500...550 °С. Получают смолы полукоксовые

Выход смолы, например из бурых углей, составляет 12...22%.

Смолы подвергают фракционной перегонке, аналогично процессу перегонки нефти. При этом получают бензина 18...22%, керосина 20..25%, мазута 50...60%.

Если уголь (каменный) нагревают без доступа воздуха, при температуре >550°С, процесс называют коксованием. Побочным продуктом является каменноугольная смола, используемая для получения различных веществ.

**Деструктивная гидрогенизация** заключается в расщеплении соединений исходного сырья (угля, нефти, остатков и др.) и гидрирования их с целью присоединения водорода для получения смеси углеводородов. Процесс проводят в специальных реакторах при температуре 480..500°С и давлении 20...30 МПа. Уголь насыщается водородом и сжижается с образованием углеводородов.

Катализаторами служат оксиды молибдена, железа и др. полученную жидкую массу направляют на фракционную перегонку.

При гидрогенизации угля выход бензина доходит до 60%, газообразных продуктов до 30%,(при гидрогенизации нефти - соответственно 73...79% и 20...24%).

Расход водорода равен 8...10% от органической массы перерабатываемого сырья. Получаемое топливо содержит 1..5% непредельных углеводородов. Остальное составляют парафиновые нафтеновые и ароматические углеводороды.

**Синтез газов** основан на получении различных углеводородов путем взаимодействия оксида углерода СО с водородом при повышенном давлении и в присутствии катализаторов (температура 180...210°С, давление-до 12 МПа).

В результате синтеза газов получается бензин, газообразная фракция и конденсатное масло. Выход бензина составляет 40..45%; дизтоплива-15...20% и тяжелой фракции-10...17%. Синтез-топливо используют главным образом в смеси с бензинами, получаемыми при прямой перегонке нефти.

**Спирты** - этиловый и метиловый, могут служить заменителями бензина. Они обладают высоким октановым числом (90...94ед. по исследовательскому методу), но имеют низкую теплоту сгорания, что сказывается на расходе топлива. Спирты могут применяться в качестве добавок к бензинам (3..5%). Тогда получают топливо- смесь бензина со спиртом (этанол, метанол).

## Эксплуатационные материалы

Пример: 30 стран, в т.ч. Канада, Бразилия, ЮАР, добавляют спиртов до 10...20%.

### 2.5. Способы очистки топлива.

Для придания топливу необходимых эксплуатационных свойств его подвергают очистке с целью удаления вредных компонентов и повышения стабильности.

Существуют химические и физические способы очистки:

К химическим относятся: сернокислотная, щелочная, пльумбитами и хлоридами металлов, гидрогенизационная.

К физическим- очистка селективными растворителями и различными адсорбентами.

#### **Сернокислотная очистка.**

Метод заключается добавлении в топливо серной кислоты, чтобы растворить различные сернистые соединения (меркаптанов, сульфидов, тиофанов).

Непредельные углеводороды реагируют с серной кислотой, поэтому топливо с большим содержанием непредельных углеводородов очищают пльумбитами и хлоридами металлов.

После обработки серной кислотой очищаемое топливо обрабатывают водным раствором щелочи NaOH. Образующиеся при этом соли находятся в водном растворе щелочи, который отстаивают с сливают. Для полного удаления остатков солей топливо промывают водой и отстаивают.

#### **Гидрогенизационная очистка.**

Это более эффективный способ очистки топлива от сернистых соединений и др. вредных примесей. Очистку проводят в присутствии водорода и катализаторов (смесей оксидов хрома и молибдена, кобальта и молибдена) при давлении 1..4 МПа и температуре 375...415<sup>0</sup>С. При таком способе сернистые соединения переходят в газообразное состоянии, некоторые потом легко удаляются.

#### **Очистка адсорбентами.**

Метод основан на явлении адсорбции, т.е. избирательном поглощении определенных соединений. Находящихся в очищаемом продукте. Адсорбентами служат алюмосиликаты. Их применяют при очистке бензинов термического крекинга, содержащих значительное количество непредельных углеводородов. При очистке пары топлива пропускают через определенный слой отбеливающей земли. Расход адсорбента составляет 1...2% от массы топлива.

### 2.6. Очистка смазочных масел.

После перегонки масла имеют нежелательные примеси, снижающие их качество: смолисто – асфальтовые, органические кислоты, непредельные окисляющиеся углеводороды и т.п.

Широко применяются следующие способы очистки: кислотнo-щелочной, кислотнo-контактный, селективный, а также деасфальтизация и депарафинизация.

## Эксплуатационные материалы

**Кисотно-щелочная очистка масла** состоит в обработке серной кислотой. Смолистые вещества масляного дистиллята, взаимодействуя с  $H_2SO_4$ , частично растворяются, а частично уплотняются с образованием асфальтов, которые переходят в кислый гудрон. После отстаивания и отделения кислого гудрона масло обрабатывают щелочью NaOH. При этом нейтрализуются органические кислоты и остатки серной кислоты. Затем масло промывают водой для растворения и удаления солей. Затем его просушивают горячим воздухом.

**Кисотно-контактная очистка** заключается в том, что после очистки масла серной кислотой оно поступает на контактную очистку отбеливающими глинами. При этом из масла адсорбируются нежелательные полярно-активные соединения, в том числе органические и сульфокислоты, остатки серной кислоты, кислого гудрона и т.д. Количество адсорбента составляет 2...5% от массы очищаемого масла. В качестве отбеливающих глин применяют природные – гумбрин, зинеевскую землю, и др., искусственные – силикагель.

Очищают перемешиванием с глиной (??? способ) или пропускают масло через слой глины при температуре слоя 20...100°C.

**Селективная очистка** предусматривает подбор специальных селективных (избирательных) растворителей, которые, не воздействуя на основные углеводороды масла. Растворяют нежелательные компоненты. После обработки масла растворителем получается смесь, состоящая из **рафинатной** части (очищенное масло) и **экстрактной** части (смесь растворителя и вредных примесей). Экстрактную часть перегоняют, отогнанный растворитель используют повторно.

На качество процесса очистки оказывают влияние температура и количество взятого растворителя. селективными растворителями служат **фурфулол** (150...400% от массы очищаемого масла); **фенол** (100...200% от массы очищаемого масла), **нитробензол**, **технический пропан** и др. Процесс проводят при температуре 50...120°C.

**Деасфальтизация** применяется для масел с высоким содержанием смолисто-асфальтных веществ. Метод состоит в использовании специального растворителя (жидкий пропан), ??? смолисто-асфальтные вещества, которые удаляются. Деасфальтизацию проводят при давлении 2,5...4 МПа и температуре 60...80°C. Соотношение пропана к очищаемому маслу от 5:1 до 10:1 по объему. После деасфальтизации масляный дистиллят поступает на основную очистку.

**Депарафинизация** проводится для масляных дистиллятов, получаемых из парафинистых нефтей. При этом процессе из масел удаляются углеводороды, склонные к кристаллизации при понижении температуры. Очищаемое масло смешивают с растворителем, например **дихлорэтан с бензином**, полученную смесь нагревают до температуры на 15...20°C превышающей температуру полного растворения парафинов и церезинов в смеси. Затем раствор медленно охлаждают и на фильтрах или центрифугах разделяют на депарафинированное масло и петролятум (смесь растворителя и твердых углеводородов).



### 3. общие физико-химические показатели нефтепродуктов.

#### 3.1. Требования к нефтепродуктам.

Топливо, смазочные материалы и технические жидкости должны обеспечивать надежную и долговечную работу всех механизмов. Для этого качество применяемых нефтепродуктов, характеризуемое физико-химическими показателями, должно соответствовать требованиям ГОСТ.

Изложим общие физико-химические свойства нефтепродуктов и способы их определения, в первую очередь плотность, вязкость и содержание воды.

#### 3.2. Плотность нефтепродуктов.

Плотность- это масса вещества в единице объема. Плотность углеводородов различна: парафиновые углеводороды обладают наименьшей плотностью; самые плотные ароматические, а нафтеновые занимают промежуточное значение. Таким образом, по плотности можно судить о виде нефтепродукта.

В практических условиях обычно определяют не абсолютную, а относительную плотность. Она представляет собой отношение плотности нефтепродукта при 20<sup>0</sup>С к плотности воды в том же объеме при 4<sup>0</sup>С.

Плотность в соответствии с ГОСТ 3900-47 определяют при помощи нефтенденсиметра (ареометра), который может быть с термометром или без него. Если температура, при которой определяется плотность, не соответствует 20<sup>0</sup>С, то пересчет ведется по формуле:

$$\gamma_4^{20} = \gamma_4^t + \alpha(t_4^t - 20)$$

Где  $\alpha$ - температурная поправка на 1<sup>0</sup>С, г/см<sup>3</sup>град. (для бензинов 0,00087, для дизтоплива 0,00076 и смазочных масел 0,00064);  $\gamma_4^t$ -полученное значение плотности при t<sup>0</sup>С.

Относительная плотность бензинов колеблется в пределах 0,69...0,75; дизтоплива 0,82...0,86; а в системе СИ 960...750 и 820...860 кг/м<sup>3</sup>.

#### 3.3. Вязкость нефтепродуктов.

Вязкость- это свойство частиц(слоев) жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению под действием внешней силы. Вязкость зависит от химического состава и температуры.

Различают абсолютную (динамическую, кинематическую, характеризующую внутреннее трение жидкости) и условную вязкость.

$\eta$  измеряется в  $\frac{Н \times с}{м^2}$  или в пуазах(п), размерность которого  $\left[ \frac{Г}{см \times с} \right]$  и является коэффициентом внутреннего трения.

$\nu$  равна отношению динамической вязкости  $\eta$  к плотности жидкости  $\gamma$  при одинаковых температурах.

$$\nu = \frac{\eta}{\gamma}; \text{измеряют в } \left[ \frac{м^2}{с} \right] \text{ или в стоксах, размерность которого } \left[ \frac{см^2}{с} \right] \text{ и сСт } \left[ \frac{мм^2}{с} \right].$$

Эксплуатационные материалы

Кинематическая вязкость нефтепродуктов определяется по ГОСТ 33-82 в капиллярных вискозиметрах ВПЖ-1, ВПЖ-2 и Пинкевича.

Кинематическая вязкость топлива, предназначенного для применения в высокооборотных дизелях, нормируется при 20°C, низкооборотных- при 50°C, моторных масел-при 100°C.

Определение кинематической вязкости основано на том, что вязкость жидкости прямо пропорциональна времени истечения ее через капилляр, обеспечивающий ламинарность потока. Для каждого вискозиметра указывается его постоянная «С», представляющая собой отношение вязкости  $v_{20}^k$  калибровочной жидкости при 20°C ко времени протекания  $\tau_{20}^k$  под действием собственной массы при 20°C из объема 2 от метки «а» до метки «б» через капилляр 3 в расширение 4.

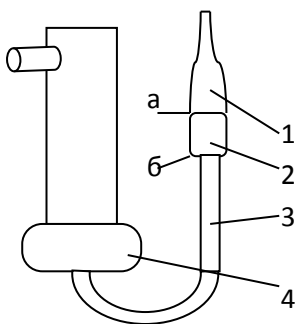


Рисунок 1. Капиллярный вискозиметр Пинкевича.

- |                |   |         |
|----------------|---|---------|
| 1-объем        | 1 | трубки; |
| 2-объем        | 2 | трубки; |
| 3-капилляр;    |   |         |
| 4- расширение; |   |         |

$$C = \frac{v_{20}^k}{\tau_{20}^k}$$

Вязкость нефтепродукта при температуре t° С находят по формуле:  $v = c \times \tau_t$

Где С- постоянная вискозиметра;

$\tau_t$ - время протекания нефтепродукта от метки «а» к «б»;

Объем нефтепродукта для вискозиметра берут равным сумме объемов расширений «1»и «2».

Для сравнения показателей вязкости различных жидкостей на практике в соответствии с ГОСТ 6258-52 пользуются определением условной вязкости.

За условную вязкость принимают отношение времени истечения 200мл используемой жидкости при температуре t° С из вискозиметра типа ВУ ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при 20°C. Численное значение этого отношения характеризует условную вязкость данной жидкости при t° С.

Для перехода от условной вязкости к кинематической применяют формулу:

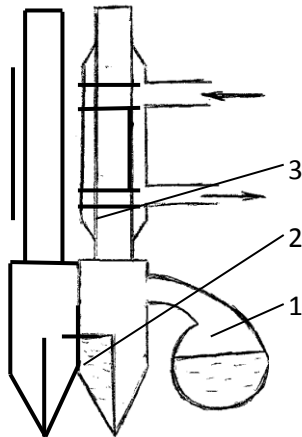
$$v_t = 10^{-4} \left( 0,0731 BY_t - \frac{0,0631}{BY_t} \right)$$

Где  $BY_t$ -условная вязкость при t° С.

$$BY_t = \frac{\tau_u^t}{\tau_6^{20}}$$

Где  $\tau_u^t$ -время жидкости (t° С.);  $\tau_6^{20}$  -время воды (20° С).

### 3.4. Содержание воды в нефтепродуктах определяют по ГОСТ 2477-65 на специальном приборе



Смесь из 50 мл масла и столько же бензина заливают в колбу 1 и помещают туда кусочки пемзы для выравнивания температуры кипения. Определяют содержание воды в масле. Пары бензина и воды испаряются и поднимаются вверх (холодильник 3), конденсируются, стекают вниз в градуированную емкость 2, где отстаиваются: внизу вода, вверху - бензин (через 2...3 минуты после успокоения).

Плотность нефтепродуктов

Вид нефтепродукта	Плотность
Бензин	
- авиационный	0,700...0,725
- автомобильный	0,735...0,750
Тракторный керосин	0,820...0,835
Дизельное топливо	0,835...0,860
Масло моторное	0,890...0,920
Авиационное	0,880...0,905
Моторное карбюраторное	0,910...0,930

## 4. Топливо для карбюраторных двигателей (бензины).

### 4.1. требования к бензинам (как к карбюраторному топливу).

У поршневых двигателей в полезную работу превращается 20..42% теплоты. Остальное затрачивается непроизводительно. Работы по повышению экономичности ДВС проводятся в направлении усовершенствования двигателей, режима их эксплуатации, изыскания новых видов топлива и т.д.

В современных двигателях используют бензин, дизельное топливо, газообразное топливо (природный, генераторный, сжиженный и сжатый газы); существуют двигатели, работающие на нескольких видах топлива.

## Эксплуатационные материалы

Важнейший фактор, от которого зависят топливно-экономические показатели двигателя – это качество топлива. Топливо в соответствии с ГОСТ должно обладать определенными физико-химическими показателями. По этим показателям можно устанавливать вид топлива, обеспечение им соответствующего смесеобразования, характер его сгорания, устойчивость к нагарообразованию, склонность к коррозионному воздействию, возможность хранения без нарушения первоначальных качеств и т.п.

Топливо должно отвечать требованиям:

- Иметь высокую теплоту сгорания;
- Обладать хорошими смесеобразующими свойствами;
- Не детонировать при всех эксплуатационных режимах;
- Не образовывать нагароотложений, приводящих к перегреву и повышению износа двигателя.
- Не вызывать коррозии деталей как при непосредственном контакте с ним, так и от образующихся продуктов сгорания;
- Быть стабильным при транспортировке, хранении, т.е. не изменять первоначальных свойств;
- Иметь низкую температуру застывания;
- Не оказывать вредного воздействия на человека и окружающую среду;

Оптимальное протекание процессов смесеобразования и сгорания топлива в двигателе зависит от качества применяемого топлива и совершенства системы питания.

### 4.2. Условия сгорания топлива в двигателе.

Приготовление горючей смеси и поступление ее в камеру сгорания двигателя происходит по следующей схеме: топливо из бака 1 проходит через топливный фильтр 3 для удаления из него случайно попавших механических примесей и бензонасосом 4 подается в поплавковую камеру 8 карбюратора. В смесеобразующей камере 15 топливо смешивается с воздухом, поступающим из воздухоочистителя 12. Через трубопроводы 17 топливоздушная смесь поступает в цилиндр двигателя 21. Для удаления отработавших газов служат выпускные клапаны 20 газораспределительного механизма и глушитель 24 с трубой.

Рабочий процесс:

В первом такте-такте всасывания, при котором поршень движется от верхней мертвой точки (ВМТ) к нижней мертвой точке(НМТ) и впускной клапан открыт, а выпускной закрыт, - в смесеобразующей камере 15 карбюратора создается разрежение. Вследствие этого воздух поступает из воздухоочистителя 12 в смесеобразующую камеру 15 карбюратора и захватывает топливо из главного жиклера 10.

Эксплуатационные материалы

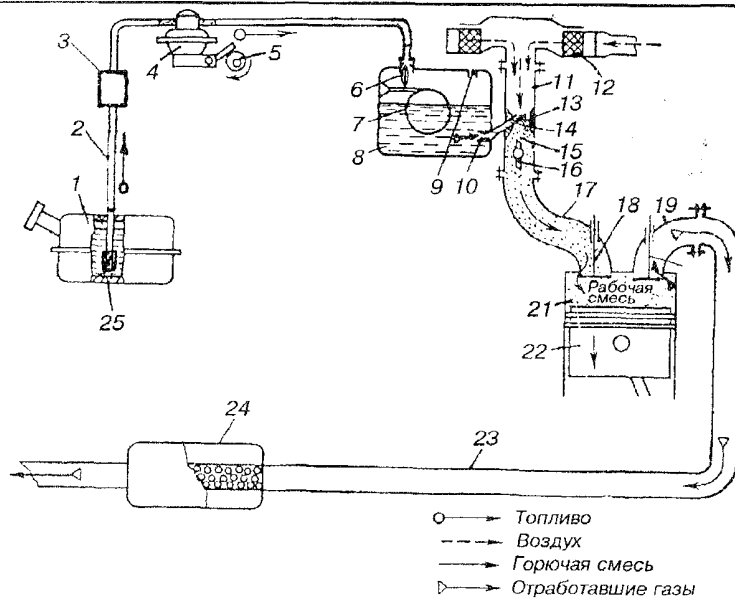


Рис. Получение рабочей смеси в карбюраторном двигателе:

1 — топливный бак; 2 — топливопровод; 3 — топливный фильтр; 4 — топливный насос; 5 — эксцентрик привода топливного насоса; 6, 7 и 8 — игольчатый клапан, поплавков и поплавковая камера карбюратора; 9 и 10 — воздушный и топливный жиклеры карбюратора; 11 — карбюратор; 12 — воздушный фильтр; 13, 14, 15 и 16 — диффузор, распылитель, смесительная камера и дроссельная заслонка карбюратора; 17 и 19 — впускной и выпускной трубопроводы; 18 и 20 — впускной и выпускной клапаны; 21 — цилиндр; 22 — поршень; 19 и 23 — трубопроводы; 24 — глушитель; 25 — сетчатый фильтр топливозаборной трубки бензобака

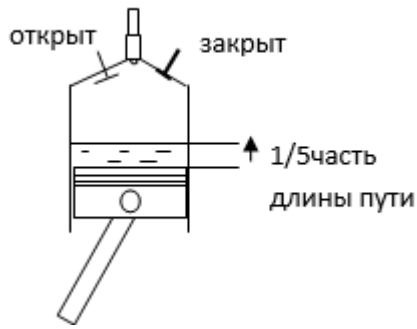
Топливо перемешивается во впускном трубопроводе с движущимся воздухом и испаряется, образуя топливо - воздушную смесь. Эта смесь поступает в цилиндр двигателя 21, где смешивается с остатками продуктов сгорания топлива от предыдущего цикла. Получается рабочая смесь.

При втором такте-такте сжатия, когда поршень движется от нижней мертвой точки (НМТ) к верхней мертвой точке (ВМТ), рабочая смесь дополнительно перемешивается, сжимается и топливо доиспаряется. В зависимости от степени сжатия  $\epsilon$  давление в камере сгорания повышается до 1...1,2 МПа, температура смеси возрастает до 260...370 °С.

При третьем такте-такте рабочего хода, приготовленная рабочая смесь воспламеняется от искры свечи зажигания. Выделяемая при сгорании теплота преобразуется в механическую энергию (работу) с помощью кривошипно-шатунного механизма.

При последнем такте – такте выпуска, продукты сгорания топлива в виде выхлопных газов удаляются через выхлопную трубу. Затем процесс повторяется.

**Цикл Миллера** позволяет для двигателя объемом 2,3 л. (mazda millenia) обеспечить мощность уровня 3<sup>x</sup>-литрового, а расход топлива как 2<sup>x</sup>-литрового, т.е. двигателем меньшего размера получить большую мощность.



Работа по циклу Миллера: когда длина такта сжатия на 1/5 длины хода поршня меньше, чем в цикле Отто. Часть рабочей смеси уходит во впускной коллектор. Рабочий такт происходит на пути поршня, больше, чем при сжатии. Цикл Миллера более эффективно использует энергию сгорания топлива.

### 4.3. Теплота сгорания топливовоздушной смеси.

Количество теплоты, выделяемое при сгорании топливовоздушной смеси, зависит от теплоты сгорания топлива и состава смеси. Чем выше теплота сгорания, тем меньше затраты топлива на единицу мощности или работы.

Теплоту сгорания топливовоздушной смеси  $Q_{ТВС}$  подсчитывают по формуле

$$Q_{ТВС} = \frac{Q_H \eta_T}{1 + \alpha L_B^T},$$

где  $Q_H$  — низшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг;  
 $\eta_T$  — коэффициент полноты сгорания топлива;  $\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;  
 $L_B^T$  — теоретическое количество воздуха, необходимого для полного сгорания 1 кг топлива, кг.

При определении теплоты сгорания рабочей смеси делают поправку на коэффициент остаточных газов в камере сгорания, но обычно для практических расчетов понятия топливовоздушной и рабочей смеси отождествляют.

В таблице 6 приведена теплота сгорания стехиометрической (нормальной) топливовоздушной смеси для

### 6. Теплота сгорания различных видов топлива и топливовоздушных смесей

Топливо	Теплота сгорания кДж/кг		Расчетное количество воздуха кг/кг
	топлива	топливовоздушной смеси	
Бензин:			
авиационный	44 380	2788	14,9
автомобильный	43 961	2780	14,8
Керосин	42 915	2767	14,5
Дизельное	42 705	2771	14,4
Этиловый спирт (96 %)	25 958	2763	8,4
Бензол	39 356	2771	13,2

Эксплуатационные материалы

различных видов топлива. Из таблицы видно, что с увеличением теплоты сгорания потребность воздуха возрастает.

Воспламенение топливовоздушной смеси зависит от ее состава и вида топлива. Например, верхний предел воспламеняемости бензиновоздушной смеси наступает при  $\alpha=0,45...0,5$ , нижний — при  $\alpha= 1,35...1,4$ . На воспламеняемость смеси оказывают влияние температура и давление: с возрастанием их значений пределы воспламеняемости увеличиваются.

За верхний предел воспламеняемости принято такое содержание топлива в воздухе, при котором дальнейшее обогащение смеси делает ее невоспламеняемой.

Нижний предел определяется недостатком топлива в воздухе т.е. таким состоянием смеси, при котором продолжение обеднения делает ее невоспламеняемой. в таблице 7 приведены значения пределов воспламеняемости некоторых видов горючих веществ при нормальном давлении.

7 воспламеняемость горючих веществ

Вещество	Концентрация горючего вещества в воздухе, % по объему, для пределов воспламеняемости	
	нижнего	верхнего
Бензин	1,7	5,4
Керосин	2,4	6,0
бензол	1,4	5,7
спирт:		
Метиловый	5,5	21,0
этиловый	4,0	13,7
оксид углерода	16,4	75,1
водород	9,4	66,5

При расширении пределов устойчивого горения бедной рабочей смеси повышается экономичность двигателя, так как возрастают значения индикаторного к. п. д. из-за снижения температуры продуктов сгорания и степени их диссоциации, уменьшения общей теплоотдачи и т. д.

Применение форкамерно-факельного зажигания, разработанного А. С. Соколиком, А. Н. Воиновым и Л.А. Гуссаком, позволяет расширить пределы использования бедных смесей. При таком зажигании обедненная рабочая смесь воспламеняется от факела, который выбрасывается из форкамеры, где воспламеняется от искровой свечи зажигания и сгорает нормальная смесь. В результате топливо сгорает более полно, уменьшается содержание вредных веществ в отработавших газах и расход топлива снижается на 10... 18 %.

В обычных условиях двигателя эксплуатируют на слегка обедненной топливовоздушной смеси ( $\alpha=1,05 1,15$ ), что обеспечивает наиболее экономичный режим, Если на короткое время требуется большая мощность двигателя, прибегают к некоторому переобогащению смеси ( $\alpha=0,9...0,95$ ), хотя в этом случае из-за неполноты сгорания топливо расходуется неэкономно.

Полнота сгорания топлива зависит от скорости распространения фронта пламени. Эта скорость возрастает при повышении давления и температуры

Эксплуатационные материалы

рабочей смеси, 1 увеличении частоты вращения коленчатого вала и т. п. Наиболее благоприятный состав рабочей смеси соответствует  $\alpha = 0,93...0,95$  (рис. 8). При более обогащенной или обедненной смеси скорость распространения фронта пламени значительно снижается. В первом случае это вызвано тем, что кислорода недостаточно, во втором — тем, что часть теплоты расходуется на нагревание избыточного количества воздуха.

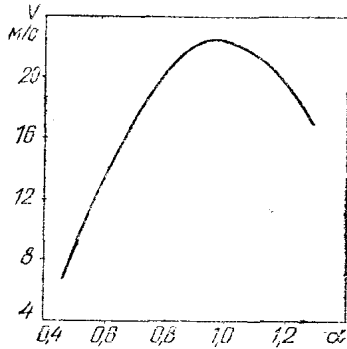


Рис. 8. Влияние состава топливовоздушной смеси на скорость сгорания.

#### 4.4. Смесеобразующие свойства.

Полнота сгорания топлива определяется качеством топливовоздушной смеси. Оно зависит, с одной стороны, от конструкции карбюратора и топливоподающей системы, с другой — от физико-химических свойств применяемого топлива. Основное из них— *испаряемость*, которая характеризуется фракционным составом топлива и давлением его насыщенных паров. Под испаряемостью понимают свойство топлива переходить из жидкого в газообразное состояние. Это свойство в значительной степени обусловлено химическим составом топлива.

В двигателях внутреннего сгорания сгорает топливо, находящееся только в газообразном состоянии. Этому процессу должно предшествовать полное испарение жидкого топлива и высококачественное перемешивание образовавшихся паров с воздухом. Если топливо плохо испаряется, то его неиспарившаяся часть (в виде жидкой фазы) не сгорает. Полнота испарения топлива возрастает при повышении скорости движения воздуха и температуры испарения. Эта температура зависит от начальной температуры поступающего воздуха и от скрытой теплоты испарения топлива. С увеличением молекулярной массы углеводородов в топливе в связи с возрастанием



## Эксплуатационные материалы

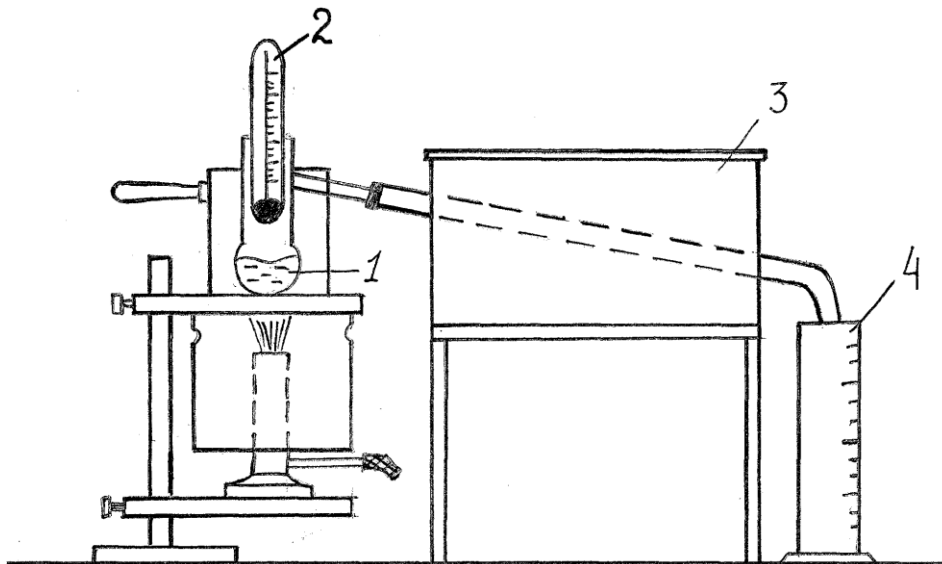
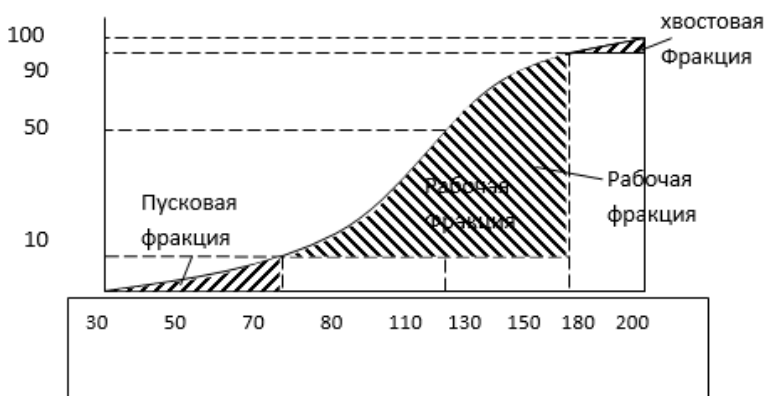


Рис. Прибор для определения фракционного состава топлива.  
1-колба; 2-термометр; 3-холодильник; 4-мерный цилиндр.

их плотности и температуры кипения испаряемость ухудшается.

Остановимся на понятии «фракция». Фракция- это часть бензина, выкипающая в определенных температурных пределах. Фракционный состав бензина определяют в соответствии с ГОСТ 2177-82. Сущность заключается в следующем: бензин, в количестве 100 мл нагревают в специальном приборе. Образующиеся пары охлаждаются. Они конденсируются, превращаясь в жидкость, которую собирают в мерный цилиндр (см. рис.)

Во время перегонки записывают температуру начала кипения (падения первой капли в цилиндр), а затем выкипания 10, 50, 90% и конца кипения. Эти данные приводят в стандартах и паспортах качества бензина. Основные фракции бензина показаны на рис.



Легкие фракции бензина (по кривой от начала кипения до выкипания 10%) характеризуют пусковые свойства топлива: чем ниже температура выкипания 10% топлива, тем лучше пусковые свойства. Для пуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10% бензина выкипало при температуре не выше 55°C (зимние сорта бензина) и 70°C (летние).

Эксплуатационные материалы

Если известна температура выкипания 10% бензина, то можно определить минимальную температуру окружающего воздуха, при которой возможен пуск двигателя.

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

При температуре окружающего воздуха ниже -20...-30°C для пуска холодного двигателя необходим предварительный подогрев или использование специальных пусковых жидкостей.

Легкие фракции нужны только на период пуска и прогрева двигателя, в дальнейшем они интенсивно испаряются и могут образовываться паровые пробки в бензопроводах, что приводит к остановке двигателя. Особенно это часто наблюдается при использовании зимних сортов бензина летом. В связи с этим количество легкокипящих углеводородов в бензине ограничивают.

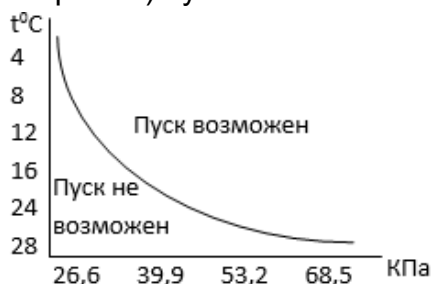
Основную часть топлива называют рабочей фракцией (по кривой разгонки от 10 до 90%). От испаряемости рабочей фракции зависят образование горючей смеси при разных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева, приемистость. По стандарту рабочую фракцию нормируют 50% точкой. Чем она ниже, тем однороднее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

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

Кроме фрикционного состава, испаряемость топлива характеризуется давлением насыщенных паров. Давление, которое развивают пары в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре, называется давлением насыщенных паров. Определяют давление паров (ГОСТ 1756-83), выдерживая испытуемый бензин 20 мин. в герметичном резервуаре при 38°C. По прошествии этого времени по манометру фиксируют давление паров бензина

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

В летних сортах давление насыщенных паров не должно быть более 66,6 КПа (500 мм рт. ст.), в зимних - не более 93,3 КПа (500...700 мм рт. ст.). От значения давления насыщенных паров бензина зависит температура возможного пуска двигателя (Рис...). Из рис... видно, что при давлении паров ниже 33,2 КПа (250 мм. рт. ст.) пусковые свойства бензина резко ухудшаются.



## 4.5. нормальное и детонационное сгорание.

От совершенства процесса горения рабочей смеси в цилиндре зависят основные технико-экономические показатели двигателя. При нормальном горении рабочей смеси скорость распространения фронта пламени от искры свечи зажигания составляет 25...40 м/с. На скорость сгорания оказывают влияние химический состав и количество топлива, его соотношение с воздухом, величина остаточных газов в цилиндре, температура и давление смеси, конструкция камеры сгорания и т. д. Скорость горения увеличивается с увеличением давления и температуры рабочей смеси.

При обогащении ( $\alpha < 1$ ) или обеднении ( $\alpha > 1$ ) рабочей смеси скорость сгорания снижается, что сказывается на мощности и экономичности двигателя.

В двигателях с высокими степенями сжатия, процесс сгорания интенсифицируется: повышается температура и давление горючей смеси и при определенных условиях может наступить детонационное сгорание.

Детонационное сгорание происходит при неправильном выборе бензина для двигателя. При детонации скорость распространения фронта пламени достигает 1500...2000 м/с. Пространство камеры сгорания ограничено, по этому упругие детонационные волны многократно ударяются и отражаются от камеры сгорания, что вызывает характерный для детонации металлический стук. Ударные волны при детонации нарушают нормальный процесс сгорания, вызывают вибрацию деталей двигателя, его перегрев, в результате увеличивается износ. Выхлопные газы при детонации имеют черный цвет, что свидетельствует о неполном сгорании топлива. При сильной детонации возможно пригорание колец, прогар клапанов, поршней, разрушение подшипников.

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

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

В целом, все причины, которые способствуют снижению давления и температуры в цилиндре двигателя, уменьшают склонность к возникновению детонационного сгорания.

Для объяснения природы возникновения детонационного сгорания рабочей смеси предложено несколько теорий.

Общее признание получила теория органических перекисей, предложенная академиком А.Н. Бохом, и развитая лауреатом Нобелевской премии, академиком Н.Н. Семеновым, академиками Я.Б. Зельдовичем и др. Суть теории в том, что в процессе сжатия, повышения давления и температуры, в первую очередь образуются перекисные соединения углеводородного радикала (R) в целом с молекулами кислорода (O):

R-O-O-R (диалкин перекись) ил R-O-O-H (гидроперекись) и др. Образование перекисей с повышением давления и температуры носит цепной характер.

## Эксплуатационные материалы

Процесс образования перекисей принимает лавинный характер и концентрация их в несгоревшей части смеси достигает критического значения. Этот момент и будет сопровождаться взрывным характером сгорания смеси, т.е. детонацией.

При нормальном процессе сгорания рабочей смеси в ней также образуются перекисные соединения, но концентрация их в несгоревшей части смеси не достигает критического значения.

Итак, переход от нормального к детонационному сгоранию происходит при горении последних частей рабочей смеси. Чем большее количество несгоревшей рабочей смеси будет детонировать, тем интенсивнее будет детонация и тяжелее ее последствия (от 5 до 20% смеси).

### **4.6. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на процесс сгорания.**

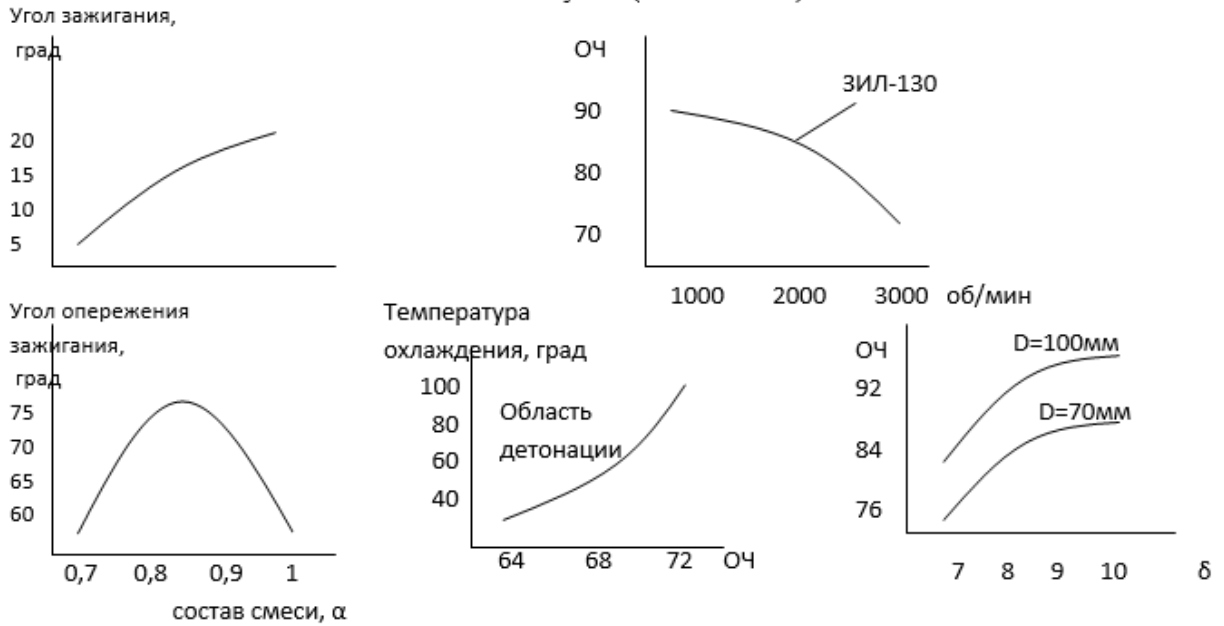
На характер сгорания топлива влияют следующие факторы:

- Степень сжатия,  $\varepsilon$  (4...12);
- Форма камеры сгорания;
- Расположение и количество искровых свечей зажигания;
- Размер гильз цилиндров;
- Материал поршней, головок блока, гильз цилиндров и др.;
- Детонационная стойкость бензинов;
- Угол опережения зажигания;
- Частота вращения коленчатого вала;
- Коэффициент избытка воздуха в смеси,  $(\alpha)$ - состав смеси;
- Влажность воздуха;
- Атмосферное давление воздуха;
- Тепловой режим и нагрузка двигателя;
- Нагарообразование на деталях камеры сгорания;
- Температура рабочей смеси;

Химический состав и молекулярное строение углеводородов (???)  
Детонационная стойкость у изопарафинов, у ароматических углеводородов – бензол, толуол, ксилол, - 100 единиц и выше, непредельные углеводороды)

Эксплуатационные материалы

Рисунки (зависимости).



### 4.7. Оценка и методы повышения противодетонационных свойств бензинов.

Детонационная стойкость бензина находится в следующей эмпирической зависимости от степени сжатия и диаметра цилиндра двигателя:

$$ОЧ = 125,4 \cdot \varepsilon^{0,183D}$$

Где ОЧ- октановое число (необходимая для двигателя детонационная стойкость бензина);  
 ε-степень сжатия; D- диаметр цилиндра, мм.

Октановое число(ОЧ) – общепринятый оценочный показатель детонационной стойкости бензинов.

Для исследования детонационной стойкости бензинов существуют 2 метода: Моторный и исследовательский.

Методы основаны на сравнении детонационной стойкости бензина с известной детонационной стойкостью эталонного топлива. Эталонное топливо представляет собой смесь двух индивидуальных парафиновых углеводородов: изооктана  $C_8H_{18}$  и нормального гептана (н-гептана)  $C_7H_{16}$ . Высокая детонационная стойкость изооктана оценивается 100 ед., а низкая детонационная стойкость н-гептана принята за 0 ед.

Октановым числом (ОЧ) называется величина, численно равная процентному содержанию (по объему) изооктана в такой его смеси с н-гептаном, которая по детонационной стойкости равноценна ??? топливу при оценочных исследованиях на стандартном двигателе в одинаковых условиях.

Наиболее распространены для этой цели установки УИТ-65, снабженные одноцилиндровыми двигателями с переменной степенью сжатия и необходимыми электронными устройствами, при помощи которых поддерживается постоянный режим и фиксируется начало детонационного сгорания смеси.

Если октановое число бензина равно 76, то это значит, что его детонационная стойкость такая же, как у смеси, состоящей их 76% изооктана и

Эксплуатационные материалы

24% н-гептана. Чем больше детонационная стойкость бензина, тем выше его октановое число.

Октановые числа на той же установке можно определить исследовательским методом (по ГОСТ 8226-66), при котором режим работы двигателя менее напряженный. Поэтому ОЧ по исследовательскому методу (ОЧИ) несколько выше, чем определенное моторным методом (ОЧМ).

Исследовательский метод лучше характеризует противодетонационные свойства бензинов при работе двигателя в условиях городской езды; в тяжелых условиях фактическая детонационная стойкость бензина становится ближе к октановому числу, определяемому моторным методом. В марке бензина составляет индекс «и», например: автомобильный бензин АИ-93.

Разницу в октановых числах, получаемых по этим двум методам определения, называют чувствительностью бензина.

Увеличение ОЧ бензинов возможно по ряду направлений, но наиболее эффективным и экономичным способом повышения детонационных свойств является добавление к бензинам антидетонаторов. В качестве антидетонатора, например, широко применяется тетраэтилсвинец  $Pb(C_2H_5)_4$  (ТЭС), представляющий собой густую бесцветную жидкость с плотностью  $\gamma=1,659$ , хорошо растворяющуюся в воде. ТЭС-ядовитое вещество, поэтому при обращении с ним необходимо соблюдать меры предосторожности.

Механизм антидетонационного действия тетраэтилсвинца заключается во взаимодействии диоксида свинца  $PbO_2$  с образующимися гидроперекисями углеводородов, в результате последние разрушаются и цепная реакция окисления прерывается.

Для того чтобы полностью удалить свинец из камеры сгорания, составляет смесь ТЭС с выносителем. Смесь представляет собой этиловую жидкость, в состав которой входят также наполнитель (бензин) и краситель для отличия этилированного бензина от неэтилированного (табл).

компоненты	Химическая формула	Состав жидкости, % массы		
		P-9	1-ТС	П-2
тетраэтилсвинец	$Pb(C_2H_5)_4$	54	58	55
Бромистый этил	$C_2H_5Br$	33	-	-
Дибромэтан	$C_2H_4 Br_2$	-	36	-
Дибромпропан (особо эффективен)	$C_3H_6 Br_2$	-	-	34,4
Альфа-монохлорнафталин	$C_{10}H_{17}Cl$	6,8	-	5,5
Красящее вещество		0,1	0,5	0,1
Наполнитель (бензин)		100		

Наиболее пригодным для эксплуатации считается выноситель дибромпропан (П-2), т.к. кипит при температуре 141°C (не испаряется в нормальных условиях) и кристаллизуется при -55°C (пригоден зимой).

В современных двигателях применяется в качестве антидетонатора тетраметилсвинец (ТМС), который более эффективен в сравнении с ТЭС (термически очень стоек).

Эксплуатационные материалы

Найдены более эффективные в сравнении с ТЭС и ТМС антидетонаторы, в состав которых входят соединения марганца. Это антидетонатор циклопентадиенилтрикарбонилмарганец  $C_5H_5Mn(CO)_3$

(ЦТМ) и его гомолог метилциклопентадиенилтрикарбонилмарганец  $CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$  (МЦКМ). Они эффективно повышают детонационную стойкость не только чистых бензинов, но и содержащих ТЭС.

**4.8. Склонность бензинов к образованию отложений.**

На деталях топливной системы карбюраторного двигателя образуются отложения (бак, фильтр, карбюратор, всасывающий трубопровод) главным образом смолистых веществ различной консистенции. В баке, на фильтре и в карбюраторе отложения мягкие и легкие; во всасывающей патрубке, где температура выше - плотные. На стержнях клапанов отложения настолько плотные, что мешают клапанам закрываться. В дальнейшем они могут превратиться в нагар, в результате чего клапаны застревают и работа двигателя нарушается. На поверхностях деталей камеры сгорания образуются твердые отложения в виде нагара. Это приводит к ухудшению отвода тепла и к детонации. Наличие нагара на свечах зажигания может привести к остановке двигателя.

При налипании смолистых веществ на жиклер карбюратора уменьшается проходное сечение и обедняется рабочая смесь.

Склонность бензинов к нагарообразованию увеличивается с повышением содержания в них ароматических углеводородов, серы и антидетонационных присадок на базе ТЭС и ТМС.

В связи с этим топливо для карбюраторных двигателей не должно содержать большое количество смолистых соединений и веществ, малоустойчивых к образованию смол. В бензинах определяют наличие фактических смол (ГОСТ 8489-58) и их содержание строго нормируют.

Фактические смолы- это остаток, в стеклянной чашке после испарения определенного объема (100 мл) испытуемого бензина на водяной бане в струе воздуха.

Потенциальные смолы – это смолистые вещества, которые могут образоваться в процессе полимеризации и окисления содержащихся в топливе главным образом непредельных углеводородов.

Количество фактических смол определяют при помощи прибора, который представляет собой подогреваемую масляную ванну («баню») с приспособлением для установки в ней 2<sup>х</sup> стаканов, в которые наливают по 25 мл бензина; температура масляной ванны 150<sup>0</sup>С (для бензина) и 180<sup>0</sup>С (для керосина). Сверху

топливо в стаканах обдувается воздухом с расходом 20...30  $\frac{л}{мин}$ , в конце 50...60  $\frac{л}{мин}$  до прекращения выделения паров. Через 30 мин. стаканы вынимают из ванны, охлаждают и взвешивают остаток. Количество смол определяют по формуле:

$$G_{фс} = \frac{a}{v}$$

где a-масса остатка, мг ;v- объем топлива, мл.

Содержание фактических смол в бензине не должно превышать  $\frac{мг}{100мл}$  7...10  $\frac{мг}{100мл}$  топлива.

## Эксплуатационные материалы

О потенциальной способности топлива к смолообразованию можно судить по показателю стабильности топлива, который оценивается индукционным периодом.

Индукционный период- время, в течение которого топливо находящееся в условиях, благоприятных для окисления, практически не поглощает кислорода. Этот период определяют в специальном приборе (ГОСТ 4039-48). Чем меньше индукционный период, тем ниже химическая стабильность топлива. Индукционный период автомобильных бензинов составляет 900...1300 минут.

Степень окисления топлива зависит не только от углеродного состава, но также от температуры, степени аэрации, наличие каталитически действующих на процесс окисления веществ. Из углеводородов топлива наиболее легко определяются непредельные углеводороды, содержащиеся в крекинг - бензинах.

Для повышения стабильности топлива:

- Баки наливают полными, окрашивают в белый цвет;
- В первую очередь расходуют крекинг-бензин;
- Вводят в топливо антиокислители (стабилизаторы) – древесно-смольный, фч-16 (смесь фенолов), гидрохинол и др. Действие антиокислителей (сотые или тысячные доли %) сводится к прекращению цепных реакций за счет взаимодействия одного из радикалов, участвующих в цепи, с молекулой антиокислителя.

### 4.9. Коррозионные свойства бензинов.

От качества карбюраторного топлива зависят его коррозионные свойства. Входящие в состав топлива углеводороды с автомобильными металлами не корродируют. Коррозия вызывается содержанием таких веществ, как водорастворимые кислоты и щелочи, остающиеся в топливе при очистке; органические кислоты, преимущественно нафтеновые; сера и сернистые соединения; вода.

Ввиду сильного коррозионного действия водорастворимых кислот на стали, а щелочей на алюминий наличие их в топливе не допускается. Определение водорастворимых кислот и щелочей проводят по ГОСТ 6307-75. В делительной воронке 50мл испытуемого топлива взбалтывают с равным количеством дистиллированной воды. Реакцию водной вытяжки проверяют действием индикаторов (фенолфталеина). Если в пробе обнаружено присутствие водорастворимых кислот и щелочей, топливо в двигателе не применяют, его выбраковывают.

Содержащиеся в топливе органические кислоты по коррозионной активности слабее водорастворимых и наличие их допускается с ограничением. Кислотность проверяют по ГОСТ 11362-76. Допустимая кислотность в автомобильных бензинах не должна превышать 3 мг КОН на 100 мл топлива.

Коррозионные свойства бензина определяются наличием в нем серы и ее соединений. Наиболее сильное коррозионное воздействие на металл оказывает H<sub>2</sub>S- сероводород, элементарная сера и низшие меркаптаны, которые вызывают коррозию емкостей и топливоподающей системы двигателя даже в обычных



Эксплуатационные материалы

условиях. В связи с этим присутствие этих сернистых соединений в бензине не допускается.

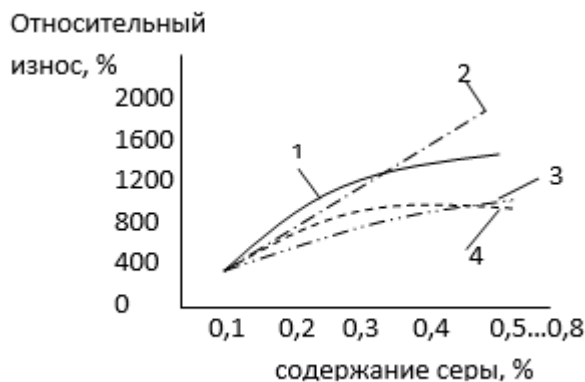
Активность действия сернистых соединений в топливе проверяют испытанием на медной пластинке. С этой целью хорошо очищенную и отполированную медную пластинку помещают в пробирку с испытуемым топливом и выдержанной в течении 3ч. водяной бане при температуре 50<sup>0</sup>С. Затем пластинку промывают. Если после этого на ней остался черный, темно-коричневый или серый налет, то это указывает на наличие в топливе активных сернистых соединений.

Чем больше в топливе сернистых соединений, как активных, так и неактивных (сульфиды и т.п.), тем сильнее коррозия и вызванный ей износ деталей двигателя. После 150 часов работы двигателя на топливе, содержащем 0,15% серы, мощность снизилась на 10,5%, а на топливе с 0,723% серы – на 28%. Соответственно удельный расход топлива повышался на 12,2 и на 36%.

Содержание серы в автомобильном топливе по техническим требованиям не должно превышать 0,1...0,12%. Коррозионная активность топлива повышается с увеличением наличия воды в бензине. В зимнее время наличие воды в бензине может вызвать закупорку топливопроводов за счет образования кристаллов льда, в результате чего нарушается подача топлива и работа двигателя.

Весьма нежелательно наличие в топливе механических примесей, которые забивают жиклеры карбюратора и способствуют повышению износов деталей двигателя.

Рис. Влияние сернистых соединений в топливе на износ деталей двигателя 1-толкатели; 2- поршни и кольца; 3-стержни клапанов; 4-гильзы цилиндров.



#### 4.10. Виды и марки бензинов.

В соответствии с ГОСТ 2084-77 автомобильные бензины вырабатывают 4<sup>х</sup> марок: А-72; А-76; АИ-93 и АИ-98. Бензины А-76, АИ-93 и АИ-98 выпускаются в двух вариантах (с государственным знаком качества и без него). В маркировке этих бензинов буква «А» указывает, что бензин автомобильный; И -октановое число определено исследовательским методом; цифры означают октановое число. Кроме того, по специальным техническим условиям выпускается бензин «экстра». Бензины, кроме А-72, «экстра» и бензинов с государственным знаком качества, являются этилированными и окрашенными.

Эксплуатационные материалы

В зависимости от условий эксплуатации двигателей автомобильные бензины (за исключением АИ-98) подразделяют на летние и зимние. Летние виды бензинов применяют во всех районах, кроме северо-восточных, в период с 1.04 по 1.10, в южных районах- круглый год; зимние виды- круглый год в северных и северо-восточных районах, в остальных 1.10 по 1.04.

Основные показатели автомобильных бензинов и область их применения приведены в табл.

Зимние бензины от летних отличаются в основном облегченным фракционным составом и более высоким значением давления насыщенных паров, что обеспечивает более легкий пуск, прогрев и эксплуатацию автомобиля в зимний период.

Следует использовать в эксплуатации бензины, рекомендованные заводом-изготовителем.

При отсутствии автомобильных бензинов соответствующей марки в исключительных случаях можно кратковременно использовать авиационные бензины и их смеси.

Основные показатели качества бензинов

Таблица 3.3.

Показатель	Значение показателя бензина марки *					
	А-72	А-76	АИ-92	АИ-93	АИ-95	АИ-98
Детонационная стойкость: ОЧМ	72	76	85	85	не нормируется	89
ОЧИ	не нормируется		92	93	95	98
Масса свинца, г/кг бензина, не более: этилированного		0,24	0,37	0,50		0,50
неэтилированного	Отсутствие					
Фракционный состав	35	35	35	35	30	35
Температура начала перегонки бензина, °С не ниже						
10% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	70	70	70	70	68"	70
50% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	115	115	115	115	115	115
90% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	180	180	180	180	180	180
Температура конца кипения, °С, не выше	195	195	195	195	195	195
Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм.рт.ст.)	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)	53,4 (400)	66,7 (500)
испытание на коррозию на медной пластинке	Выдерживает					

Эксплуатационные материалы

Индукционный период, мин, не менее	600	900	1200	900	600	900
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие					

Зарубежные бензины

Таблица 3.4.

Страна	Название бензина	Октановое число	
		исследоват. метод	Моторный метод
Австрия	Премиальный	97 ... 98	-
	Регулярный	88 ... 92	82-87
Бразилия	Премиальный	90	82-73
	Регулярный	80	
Англия	Пять звезд	100	90..93
	Четыре звезды	97	91
	Три звезды	94	86
	Две звезды	90	84...86
США	Премиальный	96...102	86...94
	Регулярный	90...96	82..90
	Неэтилированный	91...93	82...85
Франция	Премиальный	97..99	87...88
	Регулярный	89...91	80...83
Германия	Премиальный	98...99	88..89
	Регулярный	91...93	84...86

Неисправности систем карбюраторного двигателя, влияющие на расход бензина *Таблица 3.6.*

Прибор, узел и система двигателя	Неисправность	Перерасход топлива, в %	
Карбюратор	Увеличена производительность главных топливных жиклеров	4 .	.. 5
	Нарушена регулировка системы холостого хода	1 .	.. 6
	Негерметичен клапан экономайзера	6 .	.. 8
	Неисправен привод экономайзера	3 .	.. 6
	Нарушен уровень топлива в топливной камере	2 .	.. 6
Воздушный фильтр	Засорен воздушный фильтр	6 .	.. 8
Система зажигания	Неправильно установлен угол опережения зажигания	4 .	.. 7
	Нарушен зазор между контактами прерывателя	3 .	.. 4
	Неисправны автоматы опережения зажигания	2 .	.. 4
Свеча зажигания	Нагар на электродах	1 .	.. 2
	Отказ в работе	10 .	.. 12
Цилиндро- поршневая группа	Уменьшена компрессия в цилиндрах двигателя	10 .	.. 12
Механизм газораспределения Ходовая Часть	Нарушен зазор в клапанном механизме	1 .	.. 5
	Затяжка подшипников ступиц колес	1 .	.. 2
	Уменьшено давление в шинах	1 ..	.. 2
	Нарушен развал, схождение колес	1 .	.. 2

Нормы расхода бензина *Таблица 3.5.*

Эксплуатационные материалы

Автомобиль	Норма расхода бензина, л
Грузовые автомобили, автобусы	
ГАЗ-53 и его модификации	25
ЗИЛ-130 и его модификации	31
ЗИЛ-131, ЗИЛ-131А	42
УРАЛ-375 и его модификации	61
УАЗ-452 и его модификации	18
Легковые автомобили	
ГАЗ-24 и его модификации	13
МОСКВИЧ-I-2136(2137,2138,2140),ИЖ-427ИЭ, ИЖ-2125, ВАЗ-2101, ВАЗ-2102, ВАЗ-2103, ВАЗ-2105 и их модификации	8,5
ВАЗ-2121 "НИВА"	12

Для грузовых автомобилей, работу которых учитывают в тонно-километрах (ткм), норма расхода складывается из линейной нормы на 100 км и на произведенную транспортную работу из расчета 2 л на каждые 100 ткм. При работе грузового автомобиля с прицепом или полуприцепом, норма на каждые 100 ткм пробега автопоезда увеличивается на каждую тонну собственной массы прицепов на 2 л.

Расход топлива легковыми автомобилями и автобусами нормируют только с учетом общего пробега.

Нормы расхода составлены для средних условий работы (летнее время, дорога с усовершенствованным покрытием, длительность езды более 20 км).

#### 4.11. Применение водно-бензиновых эмульсий.

Проблема совершенствования конструкции и эксплуатации двигателя включает в себя ряд вопросов:

- Оптимизация процессов сгорания рабочей смеси;
- Улучшение системы внутреннего охлаждения двигателя;
- Снижение склонности к детонации;
- Сокращение расхода топлива;
- Уменьшение токсичности отработавших газов.

Один из путей решения проблемы – применение в качестве моторного топлива водно-бензиновой эмульсии (ВБЭ). При этом:

- Снижается теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы без снижения КПД двигателя и увеличения удельного расхода бензина;
- Не предъявляются жесткие требования к ОЧ бензина;
- Уменьшается концентрация оксидов азота в отработавших газах.

Внедрение ВБЭ задерживается из-за недостаточной их стабильности, которая обусловлена видом и количеством входящих в их состав поверхностно-активных веществ (ПАВ). Недостаточно изучено влияние воды на износы и коррозию деталей, образование нагаротложений и закоксовывание поршневых колец.

Существует несколько способов получения ВБЭ, в т.ч. на борту автомобиля при непосредственном впрыске воды во впускную систему двигателя;

## Эксплуатационные материалы

Оптимальным считается содержание воды в ВБЭ – 20...25%. При этом вместо бензина А-76 можно использовать А-72, но при этом экономии бензина не получено. Концентрация оксида азота в отработавших газах снижается не 1,8% на каждый процент добавляемой воды.

## 5. Эксплуатационные свойства и использование дизельного топлива.

### 5.1. требования, предъявляемые к дизтопливу.

Дизельные двигатели имеют ряд преимуществ в сравнении с карбюраторными:

- Высокая экономичность;
- Применение в качестве топлива более широких и дешевых фракций нефти;
- Меньшая пожароопасность;
- Лучшая приемистость;
- Возможность перехода на режим с нагрузкой без полного прогрева;
- Надежность и долговечность в эксплуатации.

Рабочий процесс отличается от карбюраторного двигателя применением и воспламенением рабочей смеси. В

связи с более высокими в сравнении с карбюраторными двигателями степенью сжатия ( $\epsilon=14...20$ ) и коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha=1,4...1,5$ ) дизели более экономичны.

Удельный расход топлива карбюраторных двигателей в среднем составляет  $83...94 \frac{\text{г}}{\text{МДж}}$ ; у дизелей –  $64...74 \frac{\text{г}}{\text{МДж}}$ ;

**Дизельное топливо**- это сложная смесь парафиновых(10...40%), нафтеновых (23-60%) и ароматических (14...30) углеводородов и их производных средней молекулярной массы 1100...2300, выкипающих в пределах 170...180°C; температура вспышки составляет 35...80°C, застывания -5°C.

Для обеспечения долговечной и экономичной работы дизеля, топливо должно отвечать следующим требованиям:

- Иметь хорошие смесеобразование и воспламеняемость;
- Обладать соответствующей вязкостью;
- Иметь хорошую прокачиваемость при различных температурах окружающей среды;
- Не содержать сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды.

### 5.2. Условия сгорания топлива.

Система питания дизеля состоит в следующем: топливо после отстоя заправляют в бак машины через заливную горловину с мелкой сеткой. Из топливного бака с помощью подкачивающей помпы насоса оно поступает

Эксплуатационные материалы

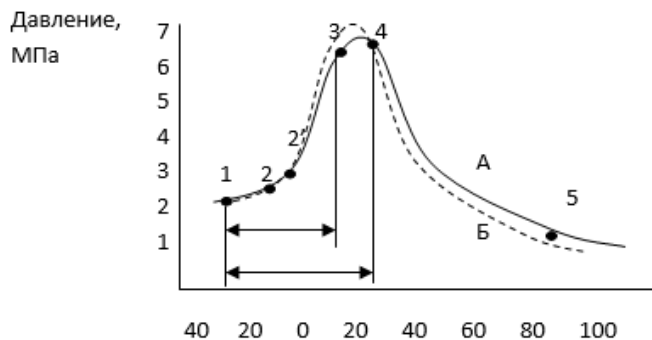
вначале на фильтр тонкой очистки, где дополнительно очищается от мельчайших примесей и смолисто-асфальтовых веществ. Отфильтрованное топливо поступает в топливный насос и под высоким давлением по трубкам нагнетается к форсункам. Форсунки при определенном угле рассеивания струи и давлении впрыскивает топливо в камеру сгорания, где находится сжатый воздух. Воздух в цилиндры поступает также высокой степени очистки, освободившись от примесей в воздухоочистителе.

Рабочий процесс в четырехтактном дизеле осуществляется следующим образом:

При такте всасывания в цилиндр поступает воздух, который во втором такте, сжатия, сжимается. Давление в камере сгорания повышается до 2...5 МПа, а температура увеличивается до 600...900 °С . за 14...23° поворота коленчатого вала до прихода поршня в ВМТ начинается впрыскивание топлива, которое заканчивается на 6...12° поворота коленчатого вала после прихода поршня в ВМТ.

В этот период топливо перемешивается с воздухом, испаряется и самовоспламеняется. Давление в цилиндре повышается до 7...9 МПа, температура- до 1700...2000 °С. Четвертый такт выпуска происходит для удаления из рабочего цилиндра продуктов сгорания топлива через глушитель.

Процесс сгорания топлива можно разделить на 4 фазы:



А - мягкая работа  
 Б - жесткая работа  
 1- начало впрыска  
 4- окончание впрыска  
 от 2 мягкая работа  
 от 2' - жесткая

- Угол поворота коленчатого вала, град.
- 1- фаза задержки самовоспламенения (1-2);
  - 2- фаза быстрого сгорания или период интенсивного нарастания давления (2-3);
  - 3- фаза замедленного сгорания (3-4);
  - 4- фаза догорания – идет во время хода расширения при понижении давления. Увеличение длительности этой фазы ведет к повышению температуры отработавших газов и дымности выпуска, снижению К.П.Д. двигателя.

Если на протекание первых трех периодов главное влияние оказывает химический состав топлива, то на 4-й период – его физические свойства (вязкость, фракционный состав, количество смол, сернистых соединений).

В дизеле различают мягкую и более жесткую работу двигателя. В дизеле не возникает детонационной волны, по этому применение термина «детонация» не подходит для характеристики жесткой работы двигателя и эти понятия следует различать.

На период задержки воспламенения кроме химического состава топлива влияют также его физические свойства (вязкость, фракционный состав, количество смол, сернистых соединений), конструктивные особенности двигателя, давление, температура цикла, коэффициент избытка воздуха и др.

### 5.3. оценка самовоспламеняемости топлива.

Свойства дизельного топлива, характеризующие мягкую или жесткую работу двигателя, оценивают по его воспламеняемости. Оценочным показателем при этом служит цетановое число. Устанавливают ЦЧ на одноцилиндровой установке ИТ9-3М, работающей по принципу самовоспламенения от сжатия. Конструкция установки позволяет изменять степень сжатия в пределах от 7 до 23. Существует 3 метода определения ЦЧ: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения и по критической степени сжатия (первый метод наиболее распространен). Сущность метода в следующем: запускают двигатель и устанавливают стандартный режим работы, после чего переводят двигатель на испытываемое топливо. Затем изменением степени сжатия добиваются начала самовоспламенения строго в ВМТ. После этого подбирают эталонное топливо, состоящее из смеси цетана ( $C_{16}H_{34}$  – парафиновый углеводород нормального строения с малым периодом задержки воспламенения. Его число принято за 100 ед, и альфаметилнафталина ( $C_{10}H_7CH_3$ -ароматический углеводород с двумя конденсированными бензольными ядрами; обладает большим периодом задержки воспламенения и жесткой работой двигателя; его цетановое число принято за единицу), которое при таких же условиях самовоспламеняется строго в ВМТ.

Процентное содержание цетана в смеси дает ЦЧ испытываемого топлива. Таким образом, ЦЧ дизтоплива представляет собой процентное содержание (по объему) цетана в смеси с альфаметилнафталином, которая по воспламеняемости равноценна испытываемому топливу.

ЦЧ топлива приблизительно можно оценить по вязкости и плотности.

$$\text{ЦЧ} = (v_{20} + 17,8) \times \frac{1587,9}{\rho_{20}}$$

Где  $v_{20}$  – кинематическая вязкость топлива при  $20^{\circ}\text{C}$

$\rho_{20}$  – плотность топлива  $\text{кг/м}^3$

Или по химическому составу:

$$\text{ЦЧ} = 0,85П + 0,1Н - 0,2А$$

П,Н,А – содержание в топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

Для нормального пуска и плавности работы двигателя необходимо, чтобы топливо летних сортов имело ЦЧ-40...45, а зимних- 45...50 единиц.

В маркировку дизтоплива ЦЧ не входит. В соответствии с ГОСТ выпускаются дизельные топлива с ЦЧ порядка 40...45 ед. Чем выше ЦЧ, тем короче период задержки воспламенения и мягче работа дизеля.

Для повышения ЦЧ топлива к нему добавляют специальные высокоцетановые компоненты или специальные присадки, ускоряющие предпламенные реакции и уменьшающие задержку воспламенения топлива. Примером высокоцетанового компонента служит СИНТИН- жидкое топливо, получаемое синтезом оксида углерода и водорода. Ускоряют предпламенные реакции перекиси углеводородов, нитросоединения (нитроалканы, изопропилнитрат) и др. Однако присадки не получили широкого распространения

### Эксплуатационные материалы

из-за невысокой стабильности такого дизтоплива при хранении и его взрывоопасности.

На сгорание дизтоплива значительное влияние оказывают контрольные и эксплуатационные факторы:

- повышение степени сжатия (положительное);
- увеличение угла опережения впрыскивания топлива (отрицательно на период задержки самовоспламенения)
- конструкция камеры сгорания (обеспечивает интенсивное вихреобразование)
- материал поршней (для дизелей лучше из чугуна чем из алюминия, т.к. чугун обладает большей теплопроводностью, более интенсивно нагревает воздух и топливо, что способствует уменьшению периода самовоспламенения).

#### **5.4. Основные свойства дизельного топлива.**

Смесеобразующие свойства.

Под процессом смесеобразования в дизеле понимают весь комплекс сложных физических и химических явлений, протекающих от момента впрыскивания топлива в камеру сгорания до воспламенения последней его порции.

Образование рабочей смеси в дизеле зависит от температуры и давления в камере сгорания; надежности подачи и степени распыления топлива, физико-химический состав топлива.

1. температура и давление в камере сгорания определяются степенью сжатия; охлаждением двигателя, частотой вращения коленчатого вала, наличием наддува и др. факторов. С уменьшением частоты вращения коленчатого вала температура и давление снижаются, увеличивается время цикла, что приводит к ухудшению смесеобразования топлива. Это сказывается на экономичности дизеля и повышенному отложению на деталях липких смолообразных продуктов.
2. Надежность подачи топлива. Здесь важную роль играет чистота топлива. Не допускается присутствие механических примесей и воды. Наличие механических примесей приводит к засорению фильтров, износу прецизионных пар топливного насоса и форсунок. При этом снижается давление впрыскивания, что нарушает работу двигателя. Содержание механических примесей определяют по ГОСТ пропуская 100мл топлива через бензольный фильтр, предварительно взвешенный и доведенный до постоянной массы. Полученный осадок на фильтре промывают бензином. Фильтр с осадком высушивают и доводят до постоянной массы при температуре 105<sup>0</sup>С. По увеличению массы фильтра подсчитывают процентное содержание механических примесей в топливе. Наличие воды в топливе нарушает топливоподачу из-за коррозии деталей. Пуск ухудшается, а при эксплуатации в зимнее время нарушается подача топлива в связи с образованием в трубопроводах кристаллов льда . Чтобы уменьшить (или избавиться) присутствие воды в



Эксплуатационные материалы

топливе перед заливом его отстаивают, баки автомобилей заправляют через специальные фильтры, периодически спускают отстой, своевременно и тщательно обслуживают топливные фильтры.

3. Третий .....- это степень распыливания топлива. Под распыливанием понимают процесс разделения топлива на мельчайшие частицы, чем создает наилучшие условия для смесеобразования и испарения. В современных дизельных двигателях, в основном, применяют струйное распыливание. При струйном распыливании топливо попадает в среду сжатого воздуха, имеющего вихреобразное движение. Под действием кинетической энергии топливо достаточно полностью перемешивается с воздухом и испаряется. На качество смесеобразования влияет степень распыла и длина струи впрыскиваемого топлива. Степень распыливания оценивают средним арифметическим диаметром капель топлива и их однородностью.

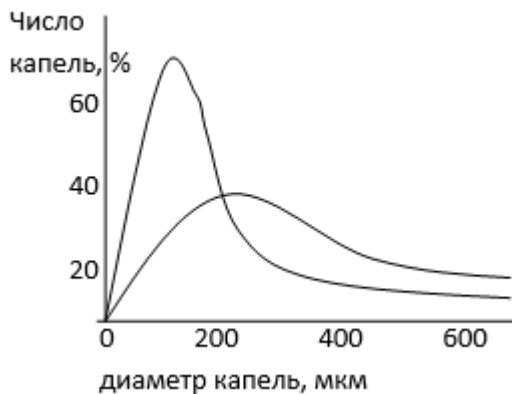


Рис. Характеристика распыливания топлива.

- 1- При тонком распыливании;
- 2- При менее тонком распыливании.

Размер капель зависит от давления впрыскивания топлива: с его увеличением возрастает скорость струи и диаметр капель уменьшается. На тонкость струи и диаметр капель влияет также противодействие в цилиндре, диаметр сопла форсунки, вязкость, плотность и поверхностное натяжение топлива.

Другие свойства:

К качеству топлива предъявляется требование – легкая прокачиваемость при различных температурах окружающей среды. Это свойство определяется вязкостью и температурой застывания топлива. При повышении вязкости дизельное топливо хуже прокачивается через фильтры, что снижает подачу топлива и отражается на падении мощности двигателя. Ухудшается также распыливание топлива с повышением вязкости, т.к. в струе образуются крупные капли. Оптимальная вязкость дизельного топлива с точки зрения качественного распыления и хорошей прокачиваемости составляет 3...8 мм<sup>2</sup>/с при 20<sup>0</sup>С. На вязкость большое влияние оказывает давление: с повышением давления скорость топлива возрастает.

Эксплуатационные материалы

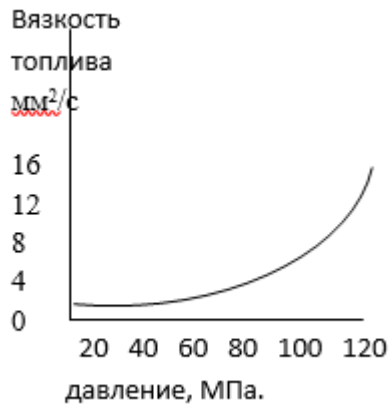


Рис. Зависимость вязкости топлива от давления.

Свойство перехода углеводородов (парафиновые) в твердое состояние определяют по температуре помутнения, при которой прозрачность топлива нарушается. По температуре застывания — полная потеря подвижности топлива.

Для летних сортов дизтоплива температура помутнения должна быть не выше  $-5^{\circ}\text{C}$ , а зимних  $-20...30^{\circ}\text{C}$ . Если в топливе содержится вода, то оно помутнеет при  $0...1^{\circ}\text{C}$ .

должна быть на  $5...10^{\circ}\text{C}$  ниже температуры помутнения. Чем меньше эта разница, тем лучше качество топлива. Для определения температуры застывания топливо наливают в пробирку и охлаждают. Температуру застывания фиксируют в тот момент, когда уровень топлива при наклоне под углом  $45^{\circ}$  остается постоянным в течении 1 мин.

**Испаряемость топлива.**

Испаряемость оказывает влияние на скорость образования рабочей смеси и качество ее сгорания. Чем лучше распыляется топливо, тем большую поверхность испарения оно имеет. Испаряемость дизтоплива оценивают фракционным составом. Фракционный состав топлива определяется таким же способом, как и для бензинов по ГОСТ 2177-82. 100мл дизтоплива наливают в спец. Прибор. Образующиеся пары охлаждают, конденсат собирают в мерный цилиндр. В прочесе перегонки фиксируют температуру выкипания 50 и 90% топлива.

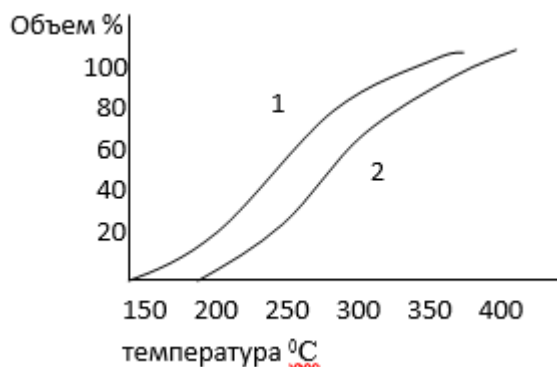


Рис. Фракционный состав дизельного топлива.

## Эксплуатационные материалы

1-зимнее;

2-летнее;

Современные форсированные двигатели могут работать только на топливе нормированного фракционного состава: температура выкипания 96% не должна быть выше 340...360<sup>0</sup>С(в зависимости от сорта).

### **Температура вспышки.**

С фракционным составом связана температура вспышки, представляющая собой температуру, до которой необходимо нагреть топливо, чтобы пары, образующиеся над его поверхностью, вспыхивали при поднесении огня. Температуру вспышки (по ГОСТ 6356-75) фиксируют по моменту появления на поверхности быстро исчезающего пламени.

Температура вспышки для разных марок дизельного топлива составляет 35...80<sup>0</sup>С. От температуры вспышки зависит пожарная опасность при транспортировке, хранении и применении дизельного топлива.

### **Нагарообразующие и коррозионные свойства.**

Образование смолистых веществ, лаковых отложений, нагаров в первую очередь зависит от качества используемых нефтепродуктов. Нагары и лаковые отложения образуются в камере сгорания, на клапанах и др. накопление высокотемпературных отложений вызывает перегрев двигателя, снижение мощности и экономичности.

На образование высокотемпературных отложений оказывает влияние ряд показателей качества:

- Содержание фактических смол
- Зольность
- Содержание серы
- Механические примеси
- Йодное число

Количество фактических смол определяют выпариванием 100мл топлива в струе пара при температуре 225<sup>0</sup>С(ГОСТ 8489-85). В зимних сортах допускается до 30, а в летних – до 40 мг фактических смол на 100см<sup>2</sup> топлива. Если содержание смол превышает нормы, то моторесурс двигателя снижается на 40...50%.

Коксовое число-это способность образовывать углистый осадок при высокотемпературном (800..900<sup>0</sup>С) разложении без доступа воздуха (ГОСТ 19932-74).

Коксуемость увеличивается при повышении вязкости и тяжелом фракционном составе. В соответствии с ГОСТ коксовое число не должно превышать 0,01 %.

**Йодное число**- показывает наличие в топливе малостабильных (непредельных) углеводородов. Йодное число определяют по ГОСТ 207-83- это содержание йода в граммах, вступающего в реакцию со 100 мл топлива. В дизельном топливе йодное число должно быть не более 6г/100г топлива. Именно непредельные углеводороды склонны к нагаро и лакообразованию.

## Эксплуатационные материалы

**Сернистые соединения** влияют главным образом на качество нагара. Сера, концентрируясь в нагарах и отложениях, делает их более твердыми и трудноудаляемыми.

Повышенный износ деталей имеет не только прецезионный характер, но обуславливается также воздействием нагароввысокой плотности и абразивности.

### 5.5. Коррозионные свойства топлива.

Главная причина коррозии в автомобильном двигателе- наличие водорастворимых кислот и щелочей, воды и сернистых соединений (как и в карбюраторном ДВС). В связи с этим по ГОСТ в дизельном топливе содержание водорастворимых кислот, щелочей и воды не допускается. По техническим условиям кислотность дизельного топлива допускается не более 5мг КОН/100см<sup>3</sup>.

Особенно сильное влияние на повышение коррозионных износов оказывают содержащиеся в топливе сернистые соединения.

В зоне высоких температур, где конденсация влаги ограничена, преобладает газовая коррозия от воздействия сернистых SO<sub>2</sub> и серных SO<sub>3</sub> ангидридов. В области пониженных температур, где возможна конденсация влаги, образуются сернистая и серная кислоты и преобладает кислотная коррозия.

Главное направление улучшения качества дизельного топлива является постоянное снижение содержания в ней сернистых соединений (гидроочисткой). По ГОСТ содержание серы в топливе ограничено до 0,2...0,5%. Кроме гидроочистки эффективным способом снижения коррозионного износа является добавление к дизельному топливу присадок. Наиболее эффективной присадкой является нафтенат цинка (0,25...0,3%). При сгорании топлива с данной присадкой образуется окись цинка, которая взаимодействует с окислами серы, связывая их в сульфатсоединения (ZnSO<sub>4</sub>).

Значительный эффект дает добавка в воздух, подаваемый для горения 0,1...0,16% от массы топлива газообразного аммиака. Аммиак реагирует с промежуточными продуктами окисления топлива и разрывает окислительные цепи. При высокой температуре аммиак распадается с образованием азотсодержащих радикалов, тормозящих окисление.

Наиболее реальным и эффективным способом борьбы с сернистой коррозией является правильный подбор моторного масла, содержащего присадки, позволяющие снизить коррозию, износ и обеспечить надежную работу двигателя.

### 5.6. ассортимент и нормы расхода дизельного топлива.

В соответствии с ГОСТ 305-82 выпускаются следующие марки дизельного топлива:

Л – летнее, З – зимнее, А – арктическое.

«Л» предназначено для применения при температуре окружающего воздуха 0°С и выше; марки «З» - при температуре от -20°С и выше (для холодной климатической зоны); марки «А» - при -50°С и выше.

По содержанию серы дизельное топливо делят на два вида:

Эксплуатационные материалы

1 – не более 0,2% S (по массе); 2 – не более 0,5% для марок «Л» и «З» и не более 0,4% - для марки «А».

В обозначение летнего топлива входят цифры, показывающие содержание серы (%) и температуру вспышки (°C). Например, Л-0,2-40 (0,2% - содержание S, 40°C – температура вспышки).

В обозначении зимнего топлива цифры указывают содержание серы и температуру застывания. Например, З-0,2-35 (0,2% S, -35°C – температура застывания).

К марке арктического топлива добавляется только содержание серы (% по массе). Например, А-0,4.

Расход топлива на транспортные работы нормируют в кг на тонну перевезенного груза:

$$GT = \frac{G_0 T_0 + G_n T_n + G_{ост} T_{ост}}{W_{см}} \left[ \frac{кг}{т} \right],$$

Где  $G_0, T_0, G_n, T_n, G_{ост}, T_{ост}$  – часовой расход топлива  $\left[ \frac{кг}{ч} \right]$  и продолжительность движения в течение смены (ч) с грузом, без груза и остановки;  $W_{см}$  – сменная норма выработки транспортного агрегата,  $T_0$  (км).

Кроме транспортных работ учитывают расход топлива на подсобные работы, ремонт, ТО, ТР, обкатку и т.д.

### 5.7. Снижение расхода дизельного топлива.

Расходы топлива (непроизводительные) могут быть при хранении, транспортировке и заправке:

- просачивание через микротрещины, неплотности в оборудовании;
- недопустимая заправка вручную (потери до 3,5%);
- при перевозках и хранении ухудшается качество топлива;
- недопустимо попадание летнего топлива в зимнее (топливные фильтры, топливопроводы забиваются кристаллами парафина, возникают перебои в работе двигателя);
- во время перевозок и хранения топливо соприкасается с воздухом и окисляется, образуются смолистые вещества, органические кислоты;

Меры по снижению расхода дизельного топлива:

- необходимо снижать температуру резервуара, где хранится топливо (окраска, заглубление в землю);
- через 2...3 дня после заполнения резервуара необходимо слить отстой через водогрязеспускные пробки;
- через каждые 50 часов работы двигателя следует сливать отстой из топливного бака, отстойника, фильтра грубой очистки;
- промывать топливный бак нужно не реже двух раз в год, а фильтры тонкой очистки – через 250 часов.

Потери в процессе эксплуатации:

- неисправность форсунок – потери 15...20%;

## Эксплуатационные материалы

- нарушение угла опережения впрыска, расход топлива возрастает на 20...25%;
- форсунки не отрегулированы на рекомендуемое давление впрыска, расход возрастает на 20...25%;
- при износе плунжерных пар насоса расход топлива возрастает до 50 г/кВтч (необходимо вовремя производить ТО);
- следить за рациональной загрузкой транспортного средства.

## 6. Эксплуатационные свойства и использование газообразного топлива

### 6.1. Виды газообразного топлива

В последнее время газообразное топливо находит широкое применение в двигателях внутреннего сгорания. В сравнении с другими видами газообразное топливо имеет ряд преимуществ:

- более полно сгорает в теоретическом количестве воздуха, что обеспечивает высокий тепловой КПД;
- при сгорании не образует нежелательных продуктов сухой перегонки и сернистых соединений, копоти и дыма;
- легко зажигается при любой температуре окружающей среды;
- обладает высокими противодетонационными свойствами;
- более дешевое топливо по сравнению с другими;
- используется в сжатом и сжиженном состояниях для двигателей внутреннего сгорания.

К отрицательным свойствам газообразного топлива можно отнести:

- отравляющее действие;
- образование взрывчатых смесей при смешении с воздухом;
- легкое проникновение через неплотности соединений.

Таким образом, при работе с газообразным топливом требуется тщательное соблюдение правил техники безопасности.

Газообразное топливо по теплоте сгорания условно делят на 3 группы:

- высококалорийные, имеющие теплоту сгорания более 20000 кДж/м<sup>3</sup>. к ним относят природные газы из газовых скважин и нефтяные;
- среднекалорийные, имеющие теплоту сгорания 10000...20000 кДж/м<sup>3</sup> (коксовый, светильный газ и др.);
- низкокалорийные, с теплотой сгорания до 10000 кДж/м<sup>3</sup> (доменный, генераторный газы и др.).

В зависимости от физических свойств газы могут быть разделены на сжатые и сжиженные. Некоторые газы, обладающие низкой критической температурой, не переходят в жидкое состояние при обычной температуре даже под воздействием высокого давления.

Метан до температуры -82°С находится в газообразном состоянии. При температуре ниже -82°С метан под воздействием небольшого избыточного давления, превращается в жидкость, а при охлаждении до -161°С метан

## Эксплуатационные материалы

сжижается уже в условиях атмосферного давления. Таким образом, газы, которые имеют критическую температуру ниже обычных температур их применения, используются в основном в сжатом виде (при давлении до 20 МПа), поэтому их называют сжатыми газами.

Сжиженные газы – это газы, критическая температура которых выше обычных температур их применения. Такие газы используют в сжиженном виде при повышенном давлении (1,5...2МПа).

Применение газообразных видов топлива обуславливается их составом и свойствами углеводородной части. Наиболее широко применяются природный или попутный газ нефтяных или газовых месторождений, а также заводские газы нефтеперерабатывающих и др. заводов. Основными компонентами этих газов являются углеводороды с числом углеродных атомов в молекуле от 1 до 4 (метан, этан, пропан, бутан и их производные). Природные газы из газовых месторождений практически полностью состоят из метана (82...98%), с небольшой примесью этана (до 6%), пропана (до 1,5%) и бутана (до 1%).

В попутных нефтяных газах содержание метана колеблется в более широких пределах (40...85%), но в них, кроме того, содержится этан и пропан (до 20% каждый). Заводские газы содержат как парафиновые, так и олефиновые углеводороды, которые чаще всего используются как сырье для синтеза пластических масс и др. веществ.

В горючих газах, кроме углеводородов, могут содержаться и другие компоненты, такие как водород, оксиды углерода, азот, кислород, сероводород, пары воды и др. Водород, оксид углерода и др. имеют невысокую теплоту сгорания, а некоторые из них (диоксид углерода, азот), не участвуя в горении вообще, снижают теплотворную способность топлива. Поэтому в зависимости от назначения газ специально очищают от нежелательных соединений.

## 6.2. Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания

Для автомобильных двигателей используют только высококалорийные и среднекалорийные газы.

Грузовые автомобили (особенно для внутригородских перевозок) работают в основном на сжиженном нефтяном газе (СНГ). Газы хранят в баллонах вместимостью 250л под давлением 1,5 МПа.

Автомобили, работающие на газообразном топливе по технико-экономическим показателям мало отличаются от базовых моделей, работающих на бензине, а по некоторым показателям превосходят их (меньше износ гильз и цилиндра, поршней и поршневых колец, на 35...40% выше моторесурс, ниже токсичность отработавших газов, увеличивается срок работы моторного масла).

В соответствии с ГОСТ выпускаются сжиженные газы двух марок:

СПБТЗ – смесь пропана и бутана техническая зимняя;

СПБТЛ – смесь пропана и бутана техническая летняя.

Основные показатели сжиженных газов приведены в таблице 6.1.

Эксплуатационные материалы

Таблица 6.1.Характеристика сжиженных газов

Показатель	СПБТЗ	СПБТЛ
1. Теплота сгорания, кДж/кг	45000...45500	45500...46000
2. Содержание газов, % по массе, не более:		
метан, этан, этилен	4,0	6,0
пропан, пропилен	75,0	34,0
бутан, бутилен	20,0	60,0
3. Жидкий остаток при 20°С, % по объему, не более	1,0	2,0
4. Минимальное избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре:		
+45°С	1,57	1,57
-20°С	0,157	-

Сжиженные газы не имеют запаха и цвета, не взрывоопасны, поэтому к ним добавляют вещества, имеющие сильный запах – одоранты.

Сжиженные газы транспортируют в специально оборудованных железнодорожных и автомобильных цистернах, а также баллонах разной вместимости, которые заполняются на газонаполнительных станциях.

Имеются и серьезные препятствия использования сжиженных газов в карбюраторных двигателях:

- ограниченность ресурсов станций;
- дальнейшее расширение использования газообразного топлива в автомобильном транспорте планируется за счет более широкого применения сжатых газов.

Выпускают следующие виды сжатых газов:

природный, коксовый метанизированный и коксовый обогащенный.

Основным горючим компонентом этих газов является метан. Наличие в газовом топливе сероводорода нежелательно из-за его коррозионного воздействия на газовую аппаратуру и детали двигателя. Октановое число газов позволяет форсировать автомобильные двигатели по степени сжатия (до  $\epsilon=10...11$ ).

Газовые установки (баллоны, арматура, редукторы, газопроводы) рассчитаны на работу при давлении 19,6 МПа. Выпускаются стальные тонкостенные цилиндрические баллоны вместимостью (по воде) 50л. Они содержат 10 м<sup>3</sup> газа при нормальных условиях. На автомобиль устанавливают секции, состоящие из 6...8 баллонов, что снижает на 0,5 т грузоподъемность автомобиля. Кроме того снижается дальность пробега автомобиля на одной заправке газом по сравнению с одной заправкой бензином.

По результатам эксплуатационных испытаний автомобилей ЗИЛ-130 было установлено, что при скоростях движения от 20 до 80 км/ч содержание оксида углерода (СО) составляет 0,8...3,5% при работе на бензине и 0,1...0,8% - при работе на газе.

Для автомобилей в настоящее время выпускаются две марки сжатых газов А и Б, которые незначительно отличаются по составу и свойствам (см. таблицу 6.2.).

Таблица 6.2.Характеристика сжатых газов



Эксплуатационные материалы

Показатель	Марка А	Марка Б
Теплота сгорания, кДж/кг	33896	33657
Октановое число	103	102
Температура газа, подаваемого на заправку автомобилей в умеренных и холодных климатических зонах, °С, не более	+40	+40
Давление газа в баллонах, МПа	19,6	19,6
Содержание газов, % по объему, не более:		
метан	95	90
этан	4,0	4,0
пропан	1,5	1,5
бутан	1,0	1,0
пентан	0,3	0,3
азот	0..4,0	4,0..7,0
кислород	1,0	1,0
Температура воспламенения, °С при нормальных условиях	624,7	608,0

Применение сжатых и сжиженных газов в автомобилях обеспечивает хорошее смесеобразование и распределение смеси по цилиндрам. Эффективная работа двигателя на обедненных смесях ( $\alpha=1,2...1,25$ ) снижает токсичность отработавших газов. Высокая антидетонационная способность газовых смесей позволяет повышать степень сжатия в двигателях.

Таблица 6.3. Показатели работы автомобиля ЗИЛ-130 на различных видах топлива

Топливо	Давление в системе питания	Октановое число	Уменьшение мощности двигателя при неизменной степени сжатия	Запас хода автомобиля, км	Масса снаряженного автомобиля, кг	Полезная грузоподъемность автомобиля, т
Бензин	0,03	76	-	585	4300	6,0
Сжиженный газ	1,6	110	5...7	585	4500	5,9
Сжатый газ	20,0	110	15...16	200	5100	5,2

## 7. Классификация и свойства твердого топлива

А – естественное твердое топливо; Б – искусственное твердое топливо.

К естественному твердому топливу относятся (А):

- ископаемые угли;
- сланцы;
- торф;
- дрова.

Твердое топливо интересует нас с позиции получения генераторного газа с помощью газогенераторных установок.

Ископаемые угли делятся на бурые, каменные и антрациты.

Бурые угли имеют зольность (10...25%), влажность (15...50%), теплоту сгорания (8400...18800 кДж/кг).

## Эксплуатационные материалы

Каменные угли содержат золы (6...10%), влаги (5...11%), что обеспечивает теплоту сгорания 29400 кДж/кг. Используются для металлургического кокса. Угли имеют марки: Д – длиннопламенные; Г – газовые; К – коксующиеся; Ж – жирные; Т – тощие; содержание летучих веществ до 15%.

Антрацит – разновидность каменного угля, содержит углерода до 96,5%, воды 3...5%, золы до 10%, теплота сгорания 27200...30600 кДж/кг. Антрацит подразделяется на классы по размеру кусков: АП – плитный, АК – крупный, АО – орех, АМ – мелкий, АС – семечко, АРШ – антрацит, содержащий куски всех размеров, кроме плитного.

Сланцы по составу основной массы приближаются к углям и отличаются высоким содержанием золы (40...70%), содержат большое количество водорода (8...10%), как нефти; влаги (10...20%), серы (1,5...6%), теплота сгорания невысока (6300...11700 кДж/кг).

Торф – низменный и верховой, зольность (3...5%), углерода (54...60%), водорода (5...6,5%), кислорода (30...40%), азота (0,5...3%), серы (0,12...1,5%), теплота сгорания (12600 кДж/кг).

Дрова – содержат целлюлозы 60%, лигнина 30%, минеральной части 1%. Элементный состав: углерод 50%, водород 6%, кислород 43%, азот 0,7...1,0%. Теплота сгорания 8400...14700 кДж/кг. Влажность – в широких пределах: сухие – до 25%, полусухие – 25...35%, сырые – более 35%.

### Искусственное топливо (Б)

1) Брикеты – из угольной мелочи, торфяной крошки, опилок, лузги и прочее. Брикеты получают на прессах: холодные – при давлении 100...150 МПа; горячие – в специальных прессах под давлением 25...30 МПа и температуре 260...320°С.

2) Древесный уголь – получают путем сухой перегонки древесины при температуре 400...450°С без доступа воздуха. Из 1м<sup>3</sup> дров получают 110...140 кг угля, выделяются газы, уксусная кислота, скипидар, смолистые вещества, метиловый спирт. Состоит из углерода (75%), водорода (4%), кислорода и азота (вместе 20%), зольность (1%), объемная масса 0,4 г/см<sup>3</sup>, теплота сгорания 27000 кДж/кг.

3) Каменноугольный кокс и полукокс.

Кокс получают при термическом разложении угля без доступа воздуха при температуре 900...1000°С. Из 1т угля получают 75...85% кокса, 2,5...3,5% каменноугольной смолы; 0,8...1,5% сырого бензола, 0,25...0,40% аммиака и 280...350 м<sup>3</sup> коксового газа. Теплота сгорания кокса около 29300 кДж/кг.

Полукокс получают при сухой перегонке сланцев угля, торфа без доступа воздуха при температуре 500...550°С. Выход полукокса из бурого угля составляет 12...20%; из торфа – 3,5...6%; из каменного угля – 4...10%. Это энергетическое и технологическое топливо.

4) Пылевидное топливо – получают перемалыванием и сушкой бурого угля, торфа, горючих сланцев, а затем отделяют нежелательные примеси.

Пылевидное топливо хорошо перемешивается с воздухом, интенсивно горит, полностью сгорает даже при высокой влажности.

Эксплуатационные материалы

Генераторный газ, получаемый из различных видов топлива, может быть использован для работы автомобилей и тракторов в районах, удаленных от мест переработки нефти. В зависимости от вида топлива получают несколько различных по составу и теплоте сгорания генераторный газ (см. таблицу 7.1.).

Таблица 7.1. Состав генераторного газа

Из топлива	Состав газа, % по объему						Теплота сгорания, кДж/кг
	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Дрова	28,5	14,0	3,5	8,0	0,5	45,5	5861
Древесный уголь	30,5	12,0	2,3	5,0	0,2	50,0	5778
Формовочный торф	28,0	15,0	3,0	8,0	0,4	45,6	6280
Донецкий антрацит	27,5	13,5	0,5	5,5	0,2	52,8	29300
Подмосковный уголь	25,0	14,0	2,2	6,5	0,2	52,1	4731

Следует отметить, что применение генераторного (низкокалорийного) газа, даже при повышении степени сжатия, снижает мощность двигателя на 15...30% по сравнению с его работой на бензине.

## 8. Эксплуатационные свойства и использование смазочных материалов

### 8.1. Роль смазочных материалов в технике

В любой машине, где имеются узлы трения, используются различные смазочные материалы. Они определяют надежность машин и являются такими же конструкционными материалами, как металлы, из которых изготовлены машины.

Срок службы любой машины зависит от качества смазочных материалов, технологии изготовления трущихся сопряжений (свойства металлов, чистота обработки, величина зазоров и т.д.), совершенства конструкции. В условиях эксплуатации на долговечность машин влияет скоростной и нагрузочный режимы, температура, запыленность воздуха, агрессивность среды.

Основная роль смазочных материалов – уменьшение износа трущихся деталей и снижение затрат энергии на преодоление сил трения, кроме этого смазочные материалы выполняют и другие функции:

- отводят тепло от трущихся сопряжений, не допуская их перегрева;
- защищает рабочие поверхности деталей от коррозии, возникающей в результате воздействия воды, кислорода, кислот и т.д.;
- моторные масла препятствуют прорыву рабочей смеси и продуктов сгорания в картер двигателя, т.е. улучшают компрессию цилиндропоршневой группы;
- обладают хорошими моющими свойствами;

## Эксплуатационные материалы

- защищают поверхности деталей от образования на них смолисто-лаковых отложений и нагаров, ухудшающих теплоотдачу деталей и т.д.

Конструктивное и технологическое оформление узлов трения, а также условия их работы разнообразны. По этой причине одни и те же смазочные материалы не могут быть использованы для всех трущихся поверхностей.

Для смазывания сборочных единиц современных автомобилей и тракторов используются до 10 видов смазочных материалов: для двигателя, коробки передач, рулевого управления, ступиц колес, водяной помпы и др.

Профессором К.К. Папок предложена новая наука – химматология, которая должна объединить ряд наук, включая физико-химические и эксплуатационные свойства смазочных материалов во взаимосвязи с процессами, протекающими при работе двигателей, механизмов и машин.

Система таких знаний поможет успешно решить насущные вопросы повышения эффективности использования техники.

## 8.2. Понятие о трении и его видах

При работе различных узлов и механизмов происходит взаимное перемещение соприкасающихся поверхностей деталей, при котором возникает трение.

Трение может быть полезным в том случае, когда оно применяется для передачи усилий (фрикционные передачи, тормозные системы и др.). поскольку сила трения направлена по касательной к поверхности трущихся деталей в сторону, противоположную движению, то она является вредной.

В зависимости от характера перемещения деталей различают трение скольжения и трение качения (соответственно трение 1-го и 2-го рода). Трение может быть сухим, граничным и жидкостным. Сухое трение сопровождается потерями мощности, выделением тепла и износом трущихся поверхностей. Граничное трение происходит тогда, когда трущиеся поверхности разделены мономолекулярным слоем смазочных веществ. Жидкостное трение – когда поверхности полностью разделены слоем смазочного вещества и трение происходит между его частицами.

Трение качения происходит тогда, когда одно тело перекачивается по поверхности другого (шариковые и роликовые подшипники, движение колеса). Трение качения значительно меньше не только сухого трения скольжения, но и трения скольжения смазочных поверхностей.

Сила, которая затрачивается на преодоление трения, зависит от чистоты обработки трущихся деталей, от вида материала и сил межмолекулярного взаимодействия.

Если трущиеся поверхности полностью разделены слоями масла, то трение между металлами заменяется трением между частицами масла – обеспечивается жидкостное трение. Минимальная толщина смазочного слоя при этом должна быть больше, чем суммарная высота микровыступов, имеющих на поверхности трения

$$h_{\min} \geq 1,5(\delta_1 + \delta_2) \quad (7.1)$$

Эксплуатационные материалы

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – высота микронеровностей поверхностей трения, мкм;

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

Жидкостное трение обуславливается прежде всего вязкостью смазочного вещества, находящегося между трущихся поверхностей.

Сухое трение крайне нежелательно, т.к. при нем резко повышается износ трущихся поверхностей, возрастает энергия, затрачиваемая на преодоление трения, развиваются высокие температуры, под действием которых на поверхностях появляются задиры, выплавляются подшипники и т.д. Сила сухого трения может быть определена на основании закона Амонтена-Кулона:

$$F = \mu P \quad (7.2.)$$

где  $\mu$  - коэффициент трения, зависящий от материала и качества обработки поверхности, равный 0,1...0,9;

$P$  – нагрузка, действующая перпендикулярно к поверхности трения.

При жидкостном трении по сравнению с сухим меньше изнашиваются и нагреваются детали, сокращаются потери энергии на трение и повышается надежность и долговечность работы деталей.

Жидкостное трение обуславливается прежде всего вязкостью смазочного вещества, находящегося между трущимися поверхностями.

Теория жидкостного трения, разработанная профессором Петровым Н.П., а затем развитая трудами ученых Жуковского Н.Е. и Чаплыгина С.А., явилась огромным открытием в развитии техники.

Жидкостное трение, согласно гидродинамической теории, возможно благодаря несущей способности масляного слоя, возникающей в результате гидродинамического давления в масляном клиновом зазоре (рисунок 7.1.)

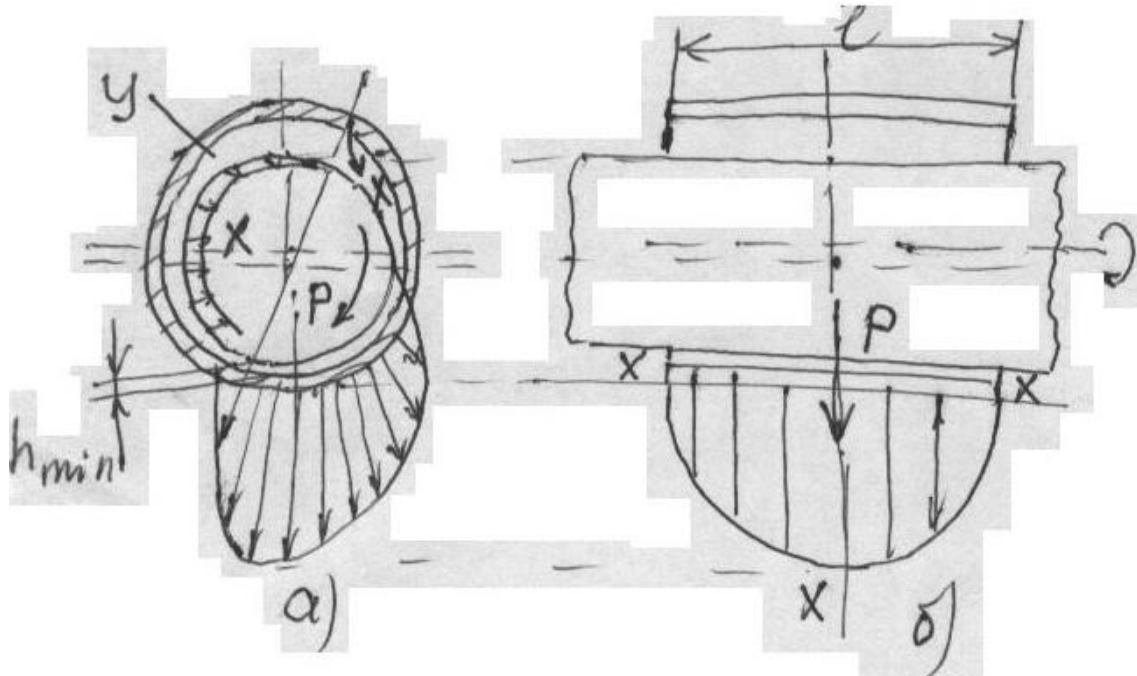


Рисунок 7.1. Распределение давлений внутри масляного слоя подшипника: а) – в поперечном сечении, б) – в продольном сечении,  $P$  – нагрузка,  $x-x$  – эпюра давлений внутри масляного слоя,  $y-y$  – область разрезания.

Эксплуатационные материалы

При вращении вала масло, находящееся в подшипнике, увлекается им, и в суживающемся зазоре возникает давление, под действием которого вал как бы всплывает.

С увеличением частоты вращения вала клиновое действие масляного слоя повышается и вал стремится принять центровое положение в подшипнике. Минимальный слой масла  $h_{\min}$  при этом возрастает, и трущиеся поверхности полностью разделяются смазочным слоем. С увеличением пути ( $l$ ) давление масла возрастает. В подшипниках машин давление внутри масляного слоя в 2,5...3 раза больше среднего удельного давления на подшипник. Чем выше давление внутри масляного слоя, тем большую нагрузку может выдержать масляный слой без соприкосновения трущихся поверхностей. При одинаковых толщине масляного слоя и относительной скорости движения трущихся поверхностей большие давления внутри масляного слоя будут развиваться у масел с большей вязкостью.

Необходимый смазочный слой, разделяющий трущиеся поверхности, образуется в том случае, когда развиваемое в масляном слое давление будет выше удельного давления на подшипник. Следовательно при малых скоростях вращения вала и невысоких значениях вязкости смазочного масла условия для появления жидкостного трения не создаются.

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

$$F_{ж} = \frac{\eta VS}{h} \quad (7.3.)$$

где  $F_{ж}$  – сила жидкостного трения,  $[H]$ ;

$\eta$  - динамическая вязкость масла,  $\left[\frac{Hc}{M^2}\right]$ ;

$V$  – относительная скорость перемещения трущихся поверхностей,  $\left[\frac{M}{c}\right]$ ;

$S$  – площадь трения,  $[M^2]$ ;

$h$  – толщина масляного слоя,  $[M]$ .

Коэффициент жидкостного трения  $\mu'$  может быть определен по формуле

$$\mu' = \frac{\eta VS}{hP} \longrightarrow \mu' = \frac{\eta V}{hP_m}, F_{ж} = \mu'P \quad (7.4.)$$

где  $P_m = \frac{P}{S}$  - удельное давление на подшипник,  $\left[\frac{H}{M^2}\right]$ .

При некоторых видоизменениях формулы (7.4.) можно определять вязкость смазочного масла, необходимую для обеспечения жидкостного трения, задавшись значением минимальной толщины слоя. Минимальная толщина смазочного слоя при жидкостном трении для автотракторных двигателей составляет 4...6 мкм.

Для обеспечения надежной и долговечной работы автотракторных двигателей необходимо создать условия для жидкостного трения. Но бывают условия (перегрев двигателя, понижение вязкости масла и др.), при которых

Эксплуатационные материалы

трение переходит в граничное. В этом случае несущая способность масла зависит от действия не гидродинамических, а адсорбционных сил входящих в него молекул. Здесь проявляется отличное от вязкости свойство смазочного масла – маслянистость, которую иногда называют его смазывающей способностью.

Под маслянистостью понимают свойство смазочного масла, обусловленное наличием в нем полярно-активных соединений, достаточно прочно образовывать и удерживать слои ориентированных молекул на трущихся поверхностях. Адсорбированный слой смазочного масла неидентичен слою смазочного масла при жидкостном трении и к нему нельзя применять законы гидродинамики. Толщина слоя адсорбированных молекул смазочного масла на трущихся поверхностях незначительна и находится в пределах 0,1...1 мкм. Граничная пленка способна выдержать весьма значительные нагрузки, снижать сопротивление сдвигу и предохранять трущиеся поверхности от сухого трения. Значение коэффициента граничного трения находится в пределах 0,008...0,15.

Маслянистость повышается введением в смазочное масло специальных веществ, молекулы которых содержат группы атомов с явно выраженной полярностью. Для минеральных масел такими веществами являются смолы, сернистые соединения, некоторые органические кислоты и др.

Трение качения – это сила сопротивления, которая возникает при перекатывании одного твердого тела, имеющего криволинейную поверхность, по поверхности другого твердого тела.

Сила трения качения меньше силы трения скольжения, поэтому там, где возможно, применяют подшипники качения. Это выгодно еще и тем, что при выходе из строя подшипник качения всегда можно заменить, не разбирая машину.

Таблица 8.2. Зависимость коэффициентов трения от его вида

Вид трения	Значение коэффициента трения
При скольжении:	
сухое	0,15...0,90
граничное	0,008...0,15
жидкостное	0,007...0,03
При качении в подшипниках:	
шариковых	0,001...0,003
роликовых	0,002...0,007

### 8.3. Виды изнашивания поверхностей деталей

Как бы ни были совершенны машины и смазочные материалы (масла), износ деталей во время эксплуатации неизбежен.

По М.М.Хрущову различают следующие виды износа:

- механический или абразивный;
- молекулярно-механический;
- коррозионно-механический.

Механический износ возникает тогда, когда рабочая поверхность сопрягается с достаточно твердыми телами, которые могут ее царапать или резать (например износ лемехов и культиваторных лап).

## Эксплуатационные материалы

Молекулярно-механический износ характерен отрыванием частиц рабочих поверхностей в результате их налипания и наволакивания, а также переносом металла с поверхности одного сопряженного тела на поверхность и приповерхностный слой другого (резец - металл).

Коррозионно-механический износ происходит при воздействии на трущиеся поверхности агрессивной среды (кислот, щелочей), которая вызывает химическую коррозию рабочих поверхностей трущихся деталей. При этом продукты химического взаимодействия (оксиды) отделяются при трении или смываются смазочным маслом.

Изнашивание некоторых деталей имеет комплексный характер под действием различных факторов. Например, износ гильз цилиндров двигателей происходит под действием абразива (пыль), продуктов сгорания топлива (серная кислота и др.), высокой температуры, давления и кислорода воздуха. Здесь действуют все три вида изнашивания.

### 8.4. Виды смазочных материалов

Смазочные материалы различают по самым разным признакам:

- по происхождению или исходному сырью (минеральное или нефтяное, растительные и животные, синтетические);
- по внешнему состоянию (жидкие, пластичные или консистентные, твердые смазочные материалы);
- по назначению (моторные, трансмиссионные, индустриальные, компрессорные, приборные, гидравлические, цилиндрические, электроизоляционные, вакуумные и др.);
- по температуре применения (низкотемпературные не выше 60°C – приборные, индустриальные и др.; среднетемпературные, применяемые при температуре 150...200°C – турбинные, компрессорные, цилиндрические и др.; высокотемпературные, используемые в узлах, подвергающихся воздействию температур до 300°C и более – главным образом моторные масла.)

Но главная классификация в том, что смазочные материалы подразделяют на жидкие (масла) и мазеобразные продукты (пластичные смазки). Те и другие могут быть минерального и органического происхождения.

Минеральные (нефтяные) являются основной группой выпускаемых смазочных масел (более 90%). Их получают при соответствующей переработке нефти.

Органические (растительные и животные) масла обладают высокой смазывающей способностью, но имеют плохую стойкость к действию повышенной температуры. Поэтому в чистом виде они не используются, а добавляются к минеральным для улучшения смазывающих свойств.

Все масла имеют существенный недостаток – они работают в узком диапазоне температур; ниже -20°C масла застывают, а при нагревании выше 150...200°C масла испаряются и окисляются.

Синтетические смазочные материалы обладают хорошими эксплуатационными свойствами. Их получают из различного исходного сырья



## Эксплуатационные материалы

многими методами (каталитическая полимеризация жидких и газообразных углеводородов нефтяного и ненефтяного сырья; синтез кремнийорганических соединений – полисиликонов; получение фтороуглеродных масел и т.д.).

Созданы смазочные материалы на основе фтора (F) и хлора (Cl). Широкое их применение ограничено высокой стоимостью. Они применяются в самых ответственных узлах трения, где другие смазочные материалы удовлетворительно работать не могут.

К мазеобразным продуктам относятся пластичные смазки – продукты сложного состава. Их получают загущением минеральных масел. Для смазывания узлов трения используют твердые вещества: графит, дисульфид молибдена и др., которые особенно необходимы при работе в вакууме, очень низкой и высокой температуре.

## 9. Моторные масла

### 9.1. Эксплуатационные свойства моторных масел

#### Вязкостные свойства масел

Вязкость – одна из важнейших характеристик смазочного масла. От нее зависит обеспечение жидкостного трения, эффективность отвода тепла от трущихся поверхностей, уплотнения узлов трения, легкость запуска двигателя. Поэтому значение вязкости указывается в маркировке масла. В зависимости от условий работы масел их вязкость нормируют при разной температуре: моторные при 100°C, промышленные при 50°C, трансформаторные при 20°C.

Сущность определения кинематической вязкости (ГОСТ 33-82) сводится к следующему. В вискозиметре при требуемой температуре определяют время истечения испытуемого масла в объеме шаровой емкости через капилляр. Вискозиметр, заполненный маслом, устанавливают в ванну, в которой поддерживается необходимая температура. Время истечения определяют по секундомеру. Произведение постоянной вискозиметра (приведенной в паспорте) на время истечения в секундах дает значение кинематической вязкости в сантистоксах (мм<sup>2</sup>/с):

$$\nu = \kappa t, \quad (1)$$

где  $\kappa$  - постоянная вискозиметра;

t – время истечения масла.

Промышленность выпускает вискозиметры с диаметром капилляра 0,4...3,0мм. Чем вязкость продукта выше, тем с большим диаметром капилляра выбирают вискозиметр.

Степень изменения вязкости масла от температуры является его важнейшей эксплуатационной характеристикой. Вязкостно-температурные свойства масел оценивают индексом вязкости (ИВ). Чем выше индекс вязкости, тем положение кривой изменения его вязкости в зависимости от температуры, а значит качество масла выше. При высоких температурах такое масло надежно смазывает трущиеся детали, а при низких обладает хорошими пусковыми качествами.

Эксплуатационные материалы

Индекс вязкости представляет собой относительную величину, которая показывает степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры по сравнению с эталонными маслами.

В качестве эталонов выбраны две серии масел различной вязкости. Первая серия – это масла, имеющие пологую вязкостно-температурную кривую, т.е. незначительно изменяет вязкость при изменении температуры. Индекс вязкости таких масел принимают за 100 единиц. Вторая серия – это масла, имеющие крутую вязкостно-температурную характеристику. Их индекс вязкости принимают за 0 единиц.

Для определения индекса вязкости необходимо знать вязкость испытуемого масла при температурах 98,9°С и 37,8°С. Затем из первой и второй серий эталонных масел подбирают масла, которые обладают той же вязкостью, что и испытуемое. Если вязкостно-температурные свойства масла совпадают со свойствами эталонного масла первой серии, то индекс вязкости испытуемого масла =100 единиц, если совпадает со свойствами масла второй серии, то «ИВ»=0. для случаев промежуточного положения вязкостно-температурных свойств индекс вязкости испытуемого масла определяют по формуле:

$$"ИВ" = \frac{Z - n}{Z - N} \times 100$$

(универсальные секунды Сейболта)

где Z – вязкость низкосортного эталонного масла при 37,8°С;

N – вязкость высокосортного эталонного масла при 37,8°С;

n – вязкость испытуемого масла при 37,8°С.

На основании этой формулы для наиболее распространенных масел подсчитаны значения индексов вязкости, которые в виде таблиц приведены в стандарте. На практике индекс вязкости можно найти по номограмме (рисунок 9.1.). для этого необходимо знать кинематическую вязкость при температурах 50 и 100°С. Значение индекса вязкости находят в точке пересечения с наклонными прямыми.

Особенно важное значение ИВ имеет для современных моторных и гидравлических масел, предназначенных для зимней или всесезонной эксплуатации. В основу вычислений ИВ положены условные единицы вязкости (универсальные секунды Сейболта). Т.к. их определение затруднительно, проще пользоваться номограммой.

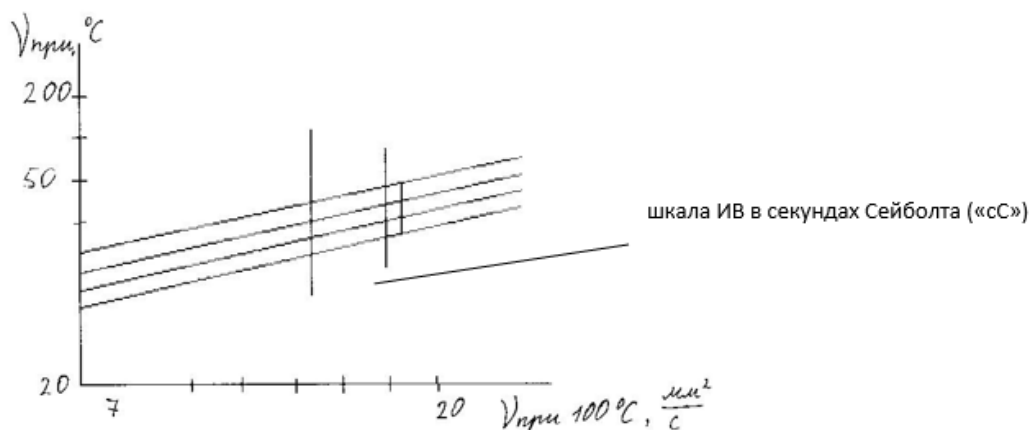


Рисунок 9.1.Номограмма

Эксплуатационные материалы

На вязкость влияет давление – вязкость всех смазочных масел с повышением давления увеличивается (таблица 9.1.).

Таблица 9.1. Зависимость вязкости масла от давления

Давление, МПа	Рост вязкости, %	Давление, МПа	Рост вязкости
7	20...25	-	-
-	-	100	в 5 раз
15	35...40	200	в 20 раз
20	50...60	300	в 60 раз
50	300	350	в 120 раз

Для каждого масла эта зависимость имеет свои закономерности, определяющиеся в основном углеводородным составом. Увеличение вязкости объясняется сближением молекул масла и возрастанием в связи с этим внутреннего взаимодействия между ними.

## 9.2. Термоокислительная стабильность масел

Термоокислительная стабильность масел – это время, в течение которого тонкий слой масла превращается в лаковую пленку. Чем больше это время, тем меньше склонность масла к лакообразованию и пригоранию колец.

Склонность смазочных масел к образованию на деталях лаков и нагаров – важнейший показатель эксплуатационных свойств масла. Этот показатель определяют по термоокислительной стабильности масла, его моторной испаряемости и моющим свойствам.

Нагарами называются углистые отложения, которые образуются на стенках камеры сгорания, днищах поршней, клапанах, форсунках и свечах.

Лаки или лаковые отложения представляют собой тонкие и прочные пленки, образующиеся на поршневых кольцах, канавках и юбках поршней, шатунах и других деталях двигателя.

Осадки или шламы – это мазеобразные сгустки, отлагающиеся на поверхности деталей в картере двигателя, на маслофильтрах, маслопроводах и др.

Нагарообразование в двигателе зависит также от качества топлива и характера его сгорания, наличия в масле и топливе механических примесей, продуктов износа, пыли, попадающей с воздухом.

Среди основных условий, влияющих на протекание реакции окисления, является температура. Установлено, что при повышении температуры с 50 до 150°С при прочих равных условиях скорость окисления возрастает в 1700 раз.

Способность масел противостоять реакциям взаимодействия с кислородом воздуха при нормальной температуре называют стабильностью. При нормальных условиях хранения минеральных масел они практически не окисляются и не изменяют первоначальных свойств.

Способность масел противостоять окислению при повышенной температуре называют термоокислительной стабильностью.

## Эксплуатационные материалы

В моторных маслах стабильность к окислению определяют по так называемому индукционному периоду осадкообразования (ИПО) по ГОСТ 11063-77. сущность метода заключается в окислении масла при температуре масла 200°С в приборе ДК-НАМИ с последующим определением количества нерастворимого осадка. Индукционным периодом осадкообразования называется время окисления в часах, при котором массовая доля осадка в окисленном масле начинает превышать 0,5%.

Для повышения стабильности масел к ним добавляют антиокислительные присадки, которые воздействуют на процесс различными способами. Одни соединения легко отдают свой водород радикалам окислительных углеводородов, переводя их в неактивные соединения. При этом активные радикалы заменяются радикалами антиокислителя, неспособными продолжать окислительные реакции. Другие присадки воздействуют на образовавшиеся продукты окисления, например, перекиси, переводя их в неактивные соединения и не допуская распада на новые радикалы, ведущие к разветвлению цепного процесса.

В моторных и других маслах получили распространение диалкилдитиофосфаты цинка и бария (присадки ДФ-11 и ДФ-1). Их нигибирующее действие связано со способностью пассивировать металлические поверхности, снижая их каталитическое воздействие на процесс окисления, а также разлагать гидроперекиси, тормозя тем самым процесс окисления.

Масла обладают моющими свойствами. Чем выше моющие свойства, тем меньше нагаров и лаков накапливаются на деталях цилиндропоршневой группы двигателя и тем больше может находиться в масле в устойчивом состоянии взвешенных продуктов загрязнения, которые циркулируют с маслом, не осаждаясь на нагретых деталях.

Моющие присадки в моторные масла добавляют в значительном количестве, иногда более 10%. При правильном выборе типа присадки и ее концентрации обеспечивается необходимая чистота деталей двигателя, увеличивается межремонтный период. О количестве присадок можно судить по значению щелочного числа масел.

Моюще-диспергирующие присадки (органические соединения бария, кальция) больше других изменяют физико-химические показатели качества масел (зольность, коксуемость), что может вызвать увеличение износа.

### 9.3. Противокоррозионные свойства масел

В моторных маслах содержатся коррозионно-агрессивные продукты – активные сернистые соединения, минеральные кислоты, щелочи и вода. Показатель кислотности масла не может характеризовать его коррозионные свойства, поэтому для оценки коррозионности применяют специальные приборы, например, метод Пинкевича.

Сущность метода – потеря массы пластинок из свинца и свинцовой бронзы при действии на них горячего (140°С) масла и периодического соприкосновения с кислородом воздуха в течение 50 часов. В прибор одновременно помещают 8 пробирок (для 4-х образцов масел). В пробирку наливают по 80 грамм

## Эксплуатационные материалы

исследуемого масла и помещают в каждую из них взвешенную пластину. Пластинки с помощью стальной проволоки соединены с кривошипно-шатунным механизмом, который позволяет периодически поднимать и опускать их в масло (15 раз в минуту). По окончании опыта пластины промывают, сушат и взвешивают.

Коррозионность подсчитывают по формуле:

$$k = \frac{q - q_1}{F} \cdot \left[ \frac{c}{m^2} \right] \quad ()$$

где  $q$  – масса пластины до испытаний, г;

$q_1$  – масса пластины после испытаний, г;

$F$  – площадь поверхности пластины,  $m^2$ .

Чем больше потеря массы пластины, тем выше коррозионность масла.

Коррозия приводит к снижению надежности и долговечности деталей, а иногда и к аварии. При коррозии последовательно протекают следующие процессы: появление на рабочей поверхности шероховатых точек и пятен; образование в местах концентрации коррозионных точек небольших раковин, уходящих вглубь материала; появление трещин; выкрашивание материала по образовавшимся трещинам.

Коррозионность масла определяют и по методу НАМИ. Отличие от Пинкевича в том, что исследования проводят не в открытых, а в плотно закрытых колбах без доступа воздуха извне. Опыт длится 30 минут, что исключает возможность интенсивного окисления образца масла во время испытаний.

Антикоррозионные свойства масел оценивают также на полноразмерном дизеле ЯАЗ-204. Масло считается выдержавшим испытание, если через 125 часов потеря массы шатунных вкладышей не превышает 0,2 грамма, а на их поверхности отсутствует видимая коррозия и механические повреждения.

## 9.4. Противоизносные свойства масел

Противоизносные свойства – это способность масел предотвращать или уменьшать износы сопряженных трущихся деталей. Основными показателями масла, обуславливающими эти свойства, являются вязкость и смазывающая способность (маслянистость).

Важную роль в повышении смазывающей способности играют полярно-активные вещества, обладающие высокими адсорбционными свойствами. В условиях граничного трения прочность масляной пленки зависит не от вязкости применяемого масла, а от наличия в нем полярно-активных молекул. Поэтому можно сказать, что масла с одинаковой вязкостью и различным химическим составом обладают разными противоизносными свойствами.

Исследованиями доказано, что наибольший износ приходится на период пуска и прогрева механизма. Высоковязкие масла при низкой температуре загустевают и не поступают к трущимся поверхностям. Трущиеся детали работают в режиме граничного трения. Использование менее вязких масел отличает условия пуска и прогрева, режим жидкостного трения наступает быстрее. Для повышения долговечности механизмов рекомендуется применять масла с высокими смазывающими свойствами, что достигается соответствующим

Эксплуатационные материалы

составом масла, а также введением в него противоизносных и противозадирных присадок.

В качестве присадок для уменьшения износа используют поверхностно-активные органические соединения, в состав которых входят фосфор, сера, хлор. При температуре около 120...150°C они образуют на поверхности детали прочные пленки, которые защищают трущиеся поверхности не только от износа, но и от задиров, натиров, усталостного разрушения. Когда температура возрастает до 190...200°C и более, активные вещества присадок вступают в химическое взаимодействие с металлом, повышая пластичность его поверхностных слоев. По этой причине при высокой нагрузке металл не разрушается. Определяют противоизносные свойства масел на различного типа машинах трения, чаще всего на четырехшариковой (МАСТ-1).

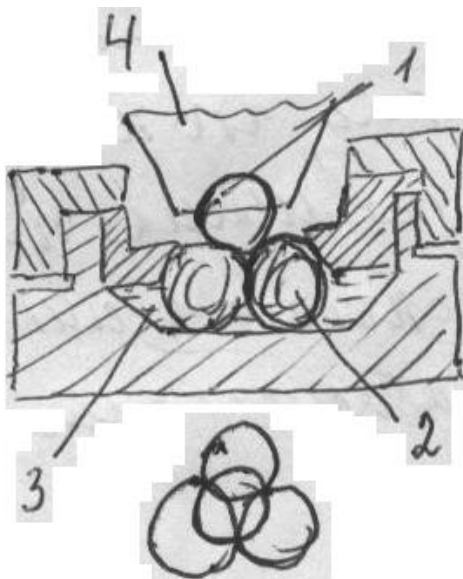


Рисунок 9.4.Четырехшариковая машина трения (МАСТ-1)

- 1 – верхний шарик;
- 2 – нижний шарик (3 шт.);
- 3 – корпус;
- 4 – шпиндель.

При испытании образца масла в этом приборе оценочными показателями служат: коэффициент трения; износ трущихся стальных шариков и нагрузка (сила), при которой шарики заклинивают, т.е. разрушается масляная пленка.

На шарик 1, закрепленный в шпинделе, который вращается со скоростью 1500 об/мин в течение 1 минуты действует вертикальная ступенчато возрастающая нагрузка. Износ оценивают по среднему диаметру появившегося на нижних шариках 2 пятна. Диаметр определяют с помощью специального оптического микроскопа. Чем выше его значение для данного образца, тем ниже противоизносные свойства масла.

Таким образом противоизносные свойства масел зависят от вязкости, от вязкостно-температурной характеристики, от смазывающей способности и чистоты. Масло, содержащее механические примеси, к применению непригодно. Его можно использовать только после удаления абразива отстоем или фильтрацией.

Стандартами наличие механических примесей не абразивного характера допускается в количестве не более 0,015...0,03%.

Для определения элементного состава примесей, продуктов износа, компонентов присадок (кальций, барий, фосфор, цинк, магний и др.) применяют

Эксплуатационные материалы

спектральный анализ масла. Принцип основан на том, что каждый химический элемент дает индивидуальную линию поглощения, занимающую определенное положение в спектре. Для спектрального анализа используют оборудование:

- спектрограф МФС-3 или МФС-5;
- генератор дуги переменного тока;
- трансформатор;
- микрофотометр;
- угольные электроды и приспособления для их заточки;
- фотопластинки и т.д.

### 9.5. Присадки к моторным маслам

Присадки – это сложные химические соединения, которые вводятся в смазочные масла в концентрации от долей до 20...30% и более с целью улучшения их качества и придания новых свойств.

В зависимости от функционального действия присадки делятся на антиокислительные, противокоррозионные, моющие, диспергирующие, противоизносные, вязкостные, депрессорные, противопенные и др.

Требования к присадкам:

- хорошая растворимость в нефтяных маслах при отрицательных и положительных температурах;
- невыпадение в осадок при изменении температуры и при хранении;
- стабильность физико-химических свойств при использовании в двигателях и длительном хранении;
- неизменяемость других качеств и свойств масел.

Присадка в масло может вводиться для улучшения одного определенного свойства (например, депрессорная – для снижения температуры застывания). Однако чаще всего используют многофункциональные присадки, улучшающие сразу несколько свойств смазочного масла.

В таблице 9.5. указаны марки присадок по каждой группе функциональных свойств. При работе масла присадки срабатываются по следующим причинам: нейтрализация и диспергирование продуктов сгорания масла; адсорбция присадок на фильтрах масляной системы; взаимодействие присадки с поверхностью смазываемой детали; механическая и термическая деструкция.

Таблица 9.5.Классификация присадок к смазочным маслам

Присадки	Назначение
Антиокислительные: ДФ-1; ДФ-11; МНИИП-22К; НП-354	Повышение стойкости масел при окислении кислородом воздуха
Противоизносные и противозадирные: ЭФО; ЛЗ-23К; ЛЗ-309/2; ОТП; АБЭС	Улучшение антифрикционных свойств смазочных масел
Депрессорные: АФК; АЗНИИШ; ПМА; АЗНИИШ-ЦИАНТИМ-1	Понижение температуры застывания масла
Вязкостные: КП	Повышение вязкости и улучшение вязкостно-температурных свойств
Противопенные: ПМС	Предотвращение вспенивания масел
Моющие: ПМС; СБ-3; АСК	Предотвращение отложений продуктов окисления

Особенно интенсивное удаление присадок из масла происходит в первые часы работы, затем расход присадки стабилизируется и зависит от долива свежего масла.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте понятие о химмотологии.
2. Назовите основные задачи, которые решает химмотология.
3. Раскройте сущность понятия «качество горюче-смазочных материалов».
4. Какие требования предъявляются к качеству горюче-смазочных материалов.
5. Охарактеризуйте элементный и групповой состав нефти.
6. Охарактеризуйте способы получения автомобильных топлив: прямая перегонка, каталитический крекинг, каталитический риформинг, гидрокрекинг.
7. Проанализируйте достоинства и недостатки различных способов получения топлив.
8. Какие эксплуатационные требования, предъявляются к качеству автомобильных бензинов.
9. Перечислите показатели качества бензинов.
10. Охарактеризуйте показатели бензинов: давление насыщенных паров, вязкость.
11. Охарактеризуйте показатели бензинов: плотность, поверхностное натяжение.
12. Дайте определение понятия фракционный состав бензинов.
13. Каково практическое применение фракционного состава бензинов.
14. Охарактеризуйте процесс сгорания бензинов.
15. В чем сущность нормального и детонационного сгорания бензинов.
16. Поясните, какова методика оценки детонационной стойкости бензинов.
17. Охарактеризуйте методы повышения октанового числа бензинов.
18. Дайте характеристику физической и химической стабильности бензинов.
19. Перечислите показатели стабильности бензинов. Как они определяются.
20. С чем связаны коррозионные свойства бензинов.
21. Как осуществляется обозначение бензинов, применяемых на современных автомобилях в соответствии с действующими ГОСТ и ТУ. Перечислите ассортимент.
22. Какие эксплуатационные требования предъявляются к качеству дизельных топлив.
23. Перечислите показатели качества ДТ.
24. В чем сущность низкотемпературных свойств ДТ.
25. Сформулируйте как вязкость ДТ влияет на работу двигателя.
26. В чем сущность жесткой и мягкой работы дизельных двигателей.



Эксплуатационные материалы

27. Перечислите основные факторы, влияющие на жесткую работу двигателя.
27. Как осуществляется оценка жесткости работы дизельного двигателя.
28. Охарактеризуйте испаряемость и самовоспламеняемость дизельного топлива.
29. Назовите способы повышения самовоспламенения.
30. Какие соединения влияют на склонность ДТ к нагарообразованию.
31. С чем связано коррозионное действие дизельных топлив на металлы.
32. Проанализируйте влияние механических примесей и вода в ДТ на работу двигателя.
33. Перечислите марки ДТ по действующим стандартам и их применение.
34. Сформулируйте, в чем состоит техническая, экономическая и экологическая целесообразность использования газового топлива.
35. Сжиженные нефтяные газы: Назовите состав, марки и особенности применения сжиженных нефтяных газов.
36. В чем состоят достоинства и недостатки применения сжиженных нефтяных газов (СНГ).
37. Назовите состав, марки и особенности применения сжатых природных газов (СПГ):
38. Охарактеризуйте топлива, альтернативные получаемым из нефтепродуктов: синтетические спирты, газовые конденсаты, водород; общие сведения о них, достоинства и недостатки.
39. Перечислите функции моторных масел.
40. Краткие сведения о получении и химическом составе моторных масел.
41. Охарактеризуйте процесс трения при работе сопряженных деталей узлов и агрегатов.
42. Классифицируйте масла по способу получения и назначению.
43. Какие эксплуатационные требования предъявляются к качеству моторных масел.
44. Охарактеризуйте вязкостно-температурные свойства масел.
45. Перечислите показатели ВТХ.
46. В чем сущность смазочных, моющих, защитных, антикоррозионных, антипенных, антиокислительных свойств смазочных масел.
47. Охарактеризуйте показатели качества масла: щелочность, температура вспышки, зольность.
48. Каков состав загущенных масел, их достоинства.
49. Сформулируйте условия работы моторных масел в двигателях.
50. В чем сущность процесса старения масла в двигателе.
51. Назовите марки масел для карбюраторных и дизельных двигателей.
52. В чем состоят особенности работы трансмиссионных масел.
53. Дайте классификацию трансмиссионных масел.
54. Назовите состав трансмиссионных масел,
55. Охарактеризуйте основные эксплуатационные показатели: вязкостно-температурные, смазочные свойства трансмиссионных масел
56. Перечислите марки трансмиссионных масел, применяемые на подвижном составе автомобильного транспорта.

Эксплуатационные материалы

57. Достоинства синтетических масел перед маслами нефтяного происхождения.
58. Каково назначение пластичных смазок.
59. Дайте классификацию и структурный состав пластичных смазок
60. Какие требования предъявляются к качеству пластичных смазок.
61. Перечислите показатели качества пластичных смазок.
62. В чем сущность показателя температура каплепадения смазок и величина максимально допустимого нагрева смазки.
63. Перечислите показатели механических свойств пластичных смазок
64. Назовите ассортимент и характеристики основных пластичных смазок, применяемых при эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта.
65. Назовите марки и дайте характеристики термостойких и морозостойких пластичных смазок.
66. Дайте общие сведения о специальных жидкостях.
67. Охарактеризуйте воду, как охлаждающую жидкость.
68. Назовите состав, свойства, марки охлаждающих жидкостей.
69. Какие требования предъявляются к качеству охлаждающих жидкостей
70. Перечислите марки жидкостей для амортизаторов.
71. Назовите основные требования, предъявляемые к охлаждающим жидкостям.
72. Какие требования предъявляются к жидкостям для тормозных систем.
73. Дайте классификация и особенности применения жидкостей для тормозных систем.
74. Дайте понятие о рациональном использовании горюче-смазочных материалов (ГСМ).
75. Сформулируйте понятие нормы расхода автомобильного топлива: линейное, удельное и маршрутное нормирование.
76. Пути экономии топлива и организация контроля за качеством топлива и смазочных материалов.
77. Каков состав резины.
78. Каково назначение и характеристика свойств ингредиентов резины.
79. Охарактеризуйте назначение лакокрасочных материалов (ЛКМ).
80. Объясните способы получения, строение и классификацию ЛКМ.
81. Какие требования предъявляются к ЛКМ.
82. Назначение пленкообразователей в лакокрасочных материалах.
83. Дайте характеристику и назначение пигментов, пластификаторов и сиккативов в составе лакокрасочных материалов.
84. Какие основные компоненты входят в состав ЛКМ.
85. Как осуществляется маркировка ЛКМ и покрытий.
86. Масляные краски, нитроэмали и синтетические эмали: их состав, достоинства и недостатки, растворимость.
87. Каковы малярные качества красок и механические свойства ЛКП.
88. Охарактеризуйте мастики и материалы для ухода за ЛКП.
89. Каковы свойства резины, которые обуславливают ее применение в технике.

Эксплуатационные материалы

90. В чем сущность процесса вулканизации. Оборудование и материалы, применяемые при вулканизации.
91. Объясните, как используется резина при ремонте камер и покрышек.
92. Как производится изготовление резинотехнических деталей: сальников, манжет, уплотнений.
93. Охарактеризуйте физико-механические свойства резины.
94. Какие изменения качества резины происходят в зависимости от температуры и механических нагрузок.
95. Какие изменения качества резины происходят в процессе старения.
96. Охарактеризуйте автомобильные эксплуатационные материалы по токсичности.
97. Проанализируйте, чем объясняется токсичность дизельного и газового топлива, масел, специальных жидкостей.
98. Дайте характеристику пожаро и взрывобезопасности топлив, технических жидкостей и ЛКМ.
99. Классифицируйте нефтепродуктов по степени огнеопасности.
100. Чем объясняется электризация топлива.
101. Какие основные мероприятия по охране природы, осуществляются в автопарках.
102. Назовите государственные стандарты по снижению загрязнения атмосферного воздуха токсичными выбросами отработавших газов автомобилей.