

А. Н. Литвиненко В. Ф. Данилов В. В. Епанешников

# Эксплуатационные материалы

Учебник



**А.Н. Литвиненко**

**В.Ф. Данилов**

**В.В. Епанешников**

# **Эксплуатационные материалы**

**2019**

**УДК 662**  
**ББК 31.353**  
**Т 58**

*Печатается по решению ученого совета ФГАОУ  
Елабужского института К(П)ФУ, протокол №3 от 28 марта 2019 г*

**Рецензенты:**

А.В. Дедов, д.т.н., Старший научный сотрудник отдела складов горючего ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

А.Т. Кулаков, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Набережночелнинского института КФУ.

**Авторы составители:**

А.Н. Литвиненко, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель России, академик РАЕН;

В.Ф. Данилов, кандидат технических наук, доцент;

В.В. Епанешников, кандидат педагогических наук, доцент.

**Эксплуатационные материалы** /авт.-сост., А.Н. Литвиненко, В.Ф. Данилов, В.В. Епанешников; под ред А.Н. Литвиненко. - Елабуга: Изд-во Центр оперативной печати «АБАК», 2019. – 315 с.

В учебнике представлены физико-химические основы эксплуатационных свойств нефтяных, альтернативных топлив, масел и технических жидкостей. Приведены требования зарубежных и Российских стандартов к качеству топлив, масел, смазок и технических жидкостей, их действующий на данный момент ассортимент, а также перспективные виды топлива. Раскрыта методика расчетов по списанию ГСМ.

Предназначен для студентов специальностей, изучающих курс «Эксплуатационные материалы», а также преподавателей, аспирантов и специалистов по топливосмазочным материалам.

© А.Н. Литвиненко, В.Ф. Данилов, В.В. Епанешников

© Издательство Центр оперативной печати «АБАК», 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1. БЕНЗИНЫ</b>	<b>7</b>
1.1. Условия применения и требования к качеству бензинов	7
1.2. Марки, состав и применение автомобильных бензинов	14
1.3. Основные эксплуатационные свойства бензинов	38
<b>ГЛАВА 2. ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА</b>	<b>47</b>
2.1. Условия применения и требования к качеству дизельных топлив	47
2.2. Марки, состав и применение дизельных топлив	54
2.3. Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив	65
<b>ГЛАВА 3. ГАЗОТУРБИННЫЕ ТОПЛИВА</b>	<b>73</b>
3.1. Газотурбинные топлива. Назначение, условия применения и требования к качеству	73
3.2. Марки, состав и применение газотурбинных топлив	75
3.3. Эксплуатационные свойства газотурбинных топлив	76
3.4. Топливо для судовых энергетических установок. Особенности применения топлив для судовых энергетических установок	84
<b>ГЛАВА 4. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА</b>	<b>90</b>
4.1. Эффективность использования	90
4.2. Синтетические спирты, эфиры и биотоплива	91
4.3. Газообразные топлива	96
4.4. Газожидкостное топливо	98
4.5. Ненефтяные топлива	99
<b>ГЛАВА 5. МОТОРНЫЕ МАСЛА</b>	<b>102</b>
5.1. Условия применения моторных масел и требования к их качеству	102
5.2. Классификация моторных масел	105
5.3. Марки, состав и применение моторных масел	115
<b>ГЛАВА 6. ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА</b>	<b>125</b>
6.1. Условия применения и требования к качеству трансмиссионных масел	125
6.2. Классификация трансмиссионных масел	131
6.3. Трансмиссионные масла общего назначения и для гипоидных передач	138
6.4. Трансмиссионные масла универсальные	139
6.5. Трансмиссионные и специальные масла для гидромеханических передач	140
<b>ГЛАВА 7. ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ</b>	<b>145</b>
7.1. Смазочные свойства масел	145
7.2. Противоизносные свойства	152
7.3. Склонность к образованию отложений (моще-диспергирующие свойства)	160

7.4. Консервационные свойства	168
7.5. Коррозионность масел	174
7.6. Стабильность смазочных масел	176
7.7. Совместимость смазочных масел	181
<b>ГЛАВА 8. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ</b>	<b>185</b>
8.1. Назначение и состав пластичных смазок	185
8.2. Условия применения и требования к качеству пластичных смазок	191
8.3. Классификация, наименование и обозначение пластичных смазок	192
8.4. Антифрикционные смазки	204
8.5. Консервационные смазки	217
8.6. Уплотнительные смазки	221
8.7. Эксплуатационные свойства пластичных смазок	223
<b>ГЛАВА 9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ</b>	<b>231</b>
9.1. Гидравлические масла	231
9.2. Амортизаторные жидкости	240
9.3. Тормозные жидкости	242
9.4. Эксплуатационные свойства жидкостей для гидравлических систем	247
9.5. Охлаждающие жидкости	251
9.6. Эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей	257
9.7. Моющие жидкости	259
9.8. Автошампуни	261
<b>ГЛАВА 10. ШИНЫ</b>	<b>266</b>
10.1. Конструкция шины	266
10.2. Виды шин	269
10.3. Маркировка шин	270
10.4. Уход за шинами	273
10.5. Хранение шин и особенности их эксплуатации	274
10.6. Восстановление и ремонт шин	276
<b>ГЛАВА 11. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b>	<b>282</b>
11.1. Сбор и утилизация отработавших нефтепродуктов	282
11.2. Нормирование расхода горючего и смазочных материалов	283
11.3. Последовательность нормирования расхода топлив	285
11.4. Учёт расхода горюче-смазочных материалов	288
11.5. Приём, хранение и транспортировка нефтепродуктов	289
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>294</b>
<b>Приложение № 1. Основные нормы расхода горючего</b>	<b>298</b>
<b>Приложение № 2. Нормы расхода горючего для автобусов, грузовых автомобилей и специальных машин</b>	<b>312</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Современные транспортные средства различного назначения являются весьма энергоемкими. Рост единичной мощности транспортных средств, до последнего времени достигаемый повышением энергопотребления и расширением парка техники уже привели к предельному уровню потребления нефтепродуктов – одному из главных топливно-энергетических ресурсов. В этих условиях рациональное и эффективное использование топлив и масел является важнейшей задачей экономики страны.

Сегодня к технике предъявляются жесткие и все возрастающие требования по повышению надежности, долговечности, экологичности, а также снижению расхода топлив. Технический прогресс в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности позволил существенно улучшить качество топлив и масел, тем самым, повысить и качественные характеристики транспортных средств.

Знание состава топлив, масел, смазок и технических жидкостей, их свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо как работникам машиностроительных областей, специалистам, эксплуатирующим автотракторную и судовую технику, так и тем, кто занимается производством, транспортированием, хранением и выдачей топлив, масел, смазок и технических жидкостей.

Практика работы предприятий и организаций как производящих нефтепродукты и альтернативные топлива, так и потребляющих их выявила необходимость и целесообразность организации подготовки инженерно-технических кадров, владеющих знаниями в данной области. С этой целью в высших учебных заведениях страны созданы специализации по добыче, переработке нефтепродуктов, эксплуатации нефтебаз и средств транспортировки нефтепродуктов. Курс «Эксплуатационные материалы» проходят также будущие специалисты, профессиональная деятельность которых связана с разработкой и применением топлив на технике и эксплуатацией транспортных двигателей.

Эффективность и надежность эксплуатации техники зависит не только от ее конструктивных и технологических особенностей, но и в значительной мере от того насколько удачно подобраны топлива, смазочные материалы и технические жидкости, насколько по качеству они отвечают предъявляемым к ним требованиям и какова экономичность их использования во время эксплуатации техники. Без применения высококачественных топлив, смазочных материалов и специальных жидкостей различного назначения невозможно добиться надежной и длительной работы транспортной техники.

Топлива, масла, смазки и технические жидкости могут надежно выполнять свои функции только при соответствии их эксплуата-

ционных свойств и качества требованиям нормативно-технической документации. В книге приводятся данные по современному ассортименту, классификации, обозначению, применению, контролю качества, составу и эксплуатационным свойствам топлив, масел, смазок и специальных жидкостей.

При написании учебника был использован опыт преподавания дисциплин «Топливосмазочные материалы», «Применение, сохранение и контроль качества горючесмазочных материалов», а также результаты многолетних исследований в 25 ГосНИИ МО РФ.

## ГЛАВА 1. БЕНЗИНЫ

К бензинам относятся жидкие нефтяные топлива, предназначенные для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры). В зависимости от назначения их разделяют на автомобильные и авиационные.

Несмотря на различия в условиях применения, автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их физико-химические и эксплуатационные свойства.

### 1.1. Условия применения и требования к качеству бензинов

Условия применения бензинов определяются:

- условиями эксплуатации автомобильной техники (на земле, в воздухе, летом, зимой, на равнинах, в горах, в южных районах, на Севере и т.д.);
- особенностями рабочего процесса двигателя.

Рабочий цикл двигателя с искровым зажиганием, как и всех двигателей внутреннего сгорания, складывается из процессов: испарения, смесеобразования, воспламенения и сгорания топлива. При сгорании топлива выделяется тепловая энергия, которая преобразуется двигателем в механическую работу. Горючая смесь в поршневых двигателях с искровым зажиганием образуется либо в специальном приборе карбюраторе, либо непосредственно в цилиндре двигателя, куда воздух и топливо поступают раздельно. Соответственно различают карбюраторные двигатели и двигатели с непосредственным впрыском топлива.

Карбюратор работает за счет эжекции, то есть создания разрежения в узком сечении трубопровода за счет перепада давления и преобразования потенциальной энергии воздуха в кинетическую. В результате происходит подсосывание топлива потоком воздуха.

Испарение бензина и образование горючей смеси происходит в воздушном потоке на пути от карбюратора до цилиндра и завершается в камере сгорания. Скорость воздушного потока в диффузоре карбюратора составляет 40...150 м/с и в 20...30 раз превышает скорость топливной струи.

В воздушном потоке струя топлива разбивается на мелкие капли, средний диаметр которых составляет 0,1...0,3 мм. Образовавшиеся капли подхватываются воздушными потоками и интенсивно испаряются. Часть капель попадает в цилиндры двигателя, где под действием высокой температуры испарение завершается. А другая часть капель при выходе из диффузора карбюратора оседает на стенках впускного коллектора и образует пленку жидкого топлива.

Паровоздушный поток двигает пленку в направлении цилиндров двигателя. Скорость перемещения пленки жидкого топлива в 50...60 раз

меньше скорости паровоздушной смеси. В этих условиях происходит интенсивное испарение топлива с поверхности пленки.

Образование пленки жидкого топлива приводит к неравномерному распределению смеси по цилиндрам двигателя, особенно на переменных режимах работы (рис. 1.1).

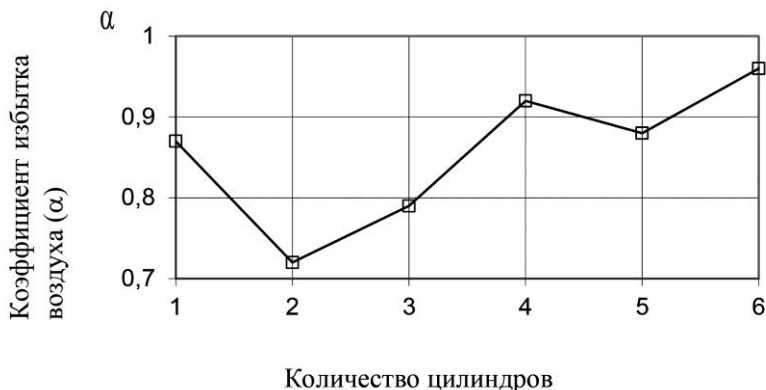


Рис. 1.1. Количественная неравномерность распределения смеси по цилиндрам двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке

Количественная неравномерность горючей смеси характеризуется различными коэффициентами избытка воздуха ( $\alpha$ ) в цилиндрах двигателя.

Качественная неравномерность характеризуется различным содержанием отдельных фракций бензина, и присадок в горючей смеси, поступающей в разные цилиндры двигателя. Бензин является смесью различных углеводородов, поэтому по мере испарения легких фракций жидкая пленка обогащается более тяжелыми углеводородами. Это явление фракционирования топлива происходит в процессе подготовки горючей смеси во впускном коллекторе. В цилиндрах, куда поступает больше паровоздушной фазы, будет повышенное содержание легких фракций бензина, в цилиндрах, куда больше поступает жидкой фазы, будет повышенное содержание тяжелых фракций. Испарение присадок, содержащихся в бензине, происходит с фракциями бензина близкими по испаряемости к присадке. Неравномерность распределения фракций по цилиндрам ведет к неравномерному распределению присадок.

Установлено, что качество и неравномерность распределения смеси по цилиндрам зависят от давления насыщенных паров, фракционного состава, скрытой теплоты испарения, коэффициента диффузии паров, вязкости, поверхностного натяжения, теплоемкости, плотности, а также от скорости и температуры воздуха, степени разрежения в диффузоре и количества поступающего тепла от двигателя и режима его работы.

При образовании топливовоздушной смеси тепло, необходимое для испарения топлива отнимается от воздуха. При этом температура воз-

духа, а, следовательно, и смеси может понизиться настолько, что произойдет конденсация и последующее замерзание атмосферной влаги, т.е. произойдет обледенение карбюратора. Отмечено, что при температуре воздуха  $7,5^{\circ}\text{C}$  температура дроссельной заслонки через 2 мин. снижается до минус  $14^{\circ}\text{C}$ . Образование льда в основном наблюдается на дроссельной заслонке и на внутренних стенках диффузора карбюратора. Обледенение усиливается при увеличении влажности воздуха. На образование льда оказывает влияние соотношение топлива с воздухом, теплоемкость и скрытая теплота испарения топлива, и температура воздуха. Условия испарения улучшают путем подогрева впускного коллектора, однако при повышенных температурах топливоздушной смеси коэффициент наполнения цилиндра снижается, и мощность двигателя падает.

Процессы воспламенения и сгорания топлива в карбюраторном двигателе происходят следующим образом. Топливоздушная смесь поступает в цилиндры двигателя, где смешивается с продуктами сгорания, сжимается и поджигается.

При зажигании электрической свечой смесь в зоне разряда нагревается мгновенно. Скорость химических реакций приобретает само ускоряющийся характер, завершающийся возникновением пламени. Распространение пламени может быть ламинарным или турбулентным в зависимости от характера движения смеси. Наполнение цилиндра смесью происходит с большими скоростями, при этом создается сильное вихревое движение. В этих условиях горение носит турбулентный характер, а нормальная скорость распространения фронта пламени составляют  $10..40$  м/с. Эта скорость зависит от частоты вращения коленчатого вала (рис. 1.2) и состава топливо воздушной смеси.

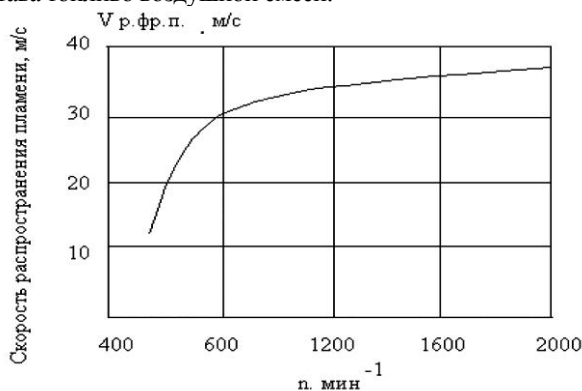


Рис.1.2 Влияние частоты вращения коленчатого вала на среднюю скорость распространения пламени.

Увеличение степени сжатия и применение наддува приводит к росту скорости распространения фронта пламени. Максимальное значение скорости распространения пламени наблюдается при  $\alpha = 0,9$ .

При обогащении рабочей смеси скорость распространения фронта пламени уменьшается вследствие недостатка кислорода, а при обеднении - вследствие расхода тепла на нагревание избыточного количества воздуха. Принято считать, что в условиях двигателя пределы воспламенения топливовоздушной смеси составляют:  $0,4 \dots 0,5 < \alpha < 1,3 \dots 1,4$ . С точки зрения процессов смесеобразования и горения топлива необходимо обеспечить более высокую температуру горючей смеси, что с одной стороны улучшит испарение топлива, а с другой – расширит концентрационные пределы воспламеняемости горючей смеси (рис. 1.3).

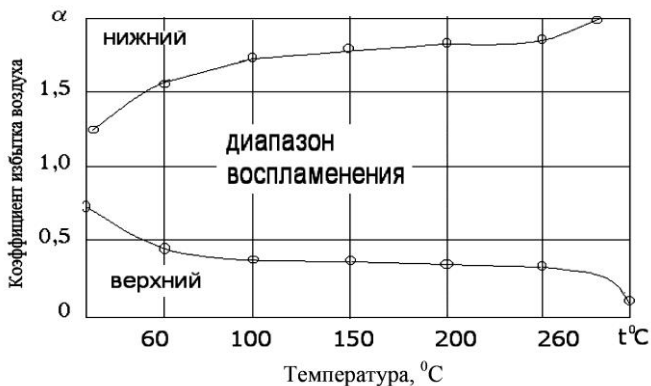


Рис.1.3 Зависимость воспламеняемости топливовоздушной смеси от температуры при давлении  $P$  равном 0,1 МПа

Расширение концентрационных пределов воспламенения создает предпосылки для обеспечения устойчивой работы двигателя на обедненных смесях.

Для улучшения однородности смеси и кардинального решения проблемы гомогенизации смеси топливо впрыскивают непосредственно в цилиндр двигателя, либо во впускной трубопровод.

Непосредственный впрыск топлива в цилиндр обеспечивает устойчивое воспламенение и сгорание бедных смесей в бензиновых двигателях за счет создания направленного вихревого движения заряда и впрыскивания топлива в цилиндр в таком направлении и момент, чтобы в зоне расположения свечи зажигания образовывалась область обогащенной смеси на любом режиме работы двигателя. Эта часть заряда, воспламенившись от искры, обеспечивает интенсивное распространение пламени по объему камеры сгорания с бедной смесью, что обеспечивает высокую экономичность двигателя. [39,61]

В режиме полной нагрузки обеспечивается равномерный состав смеси близкий к стехиометрическому ( $\alpha = 0,9 \dots 1,0$ ). Поэтому двигатели с непосредственным впрыском и послойным смесеобразованием имеют

высокую топливную экономичность и хорошие экологические свойства при повышенном уровне мощности крутящего момента.

Впрыск топлива во впускной трубопровод уменьшает гидравлические потери впуска и повышает коэффициент наполнения за счет создания инерционного наддува. Бензин впрыскивается синхронизовано с рабочими тактами каждого цилиндра. Поток смеси движется по спирали впускного канала улиткообразной формы, приобретая состояние вихря. Происходит турбулизация заряда смеси, что существенно улучшает антидетонационные свойства двигателя.

Вихревые процессы на 10..15% расширяют пределы эффективного обеднения смеси, увеличивают оптимальные значения коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ), уменьшают межцикловые колебания максимальных давлений при оптимальных регулировках по составу смеси и углу опережения зажигания.

«Своевременность» процессов сгорания в значительной мере регулируется моментом поджигания смеси, т.е. углом опережения зажигания. Если смесь поджечь слишком поздно, то сгорание может начаться на ходе расширения, при этом падает мощность двигателя и ухудшается его экономичность. Если смесь поджечь слишком рано, то ее сгорание произойдет во время хода сжатия, при этом значительно возрастут потери мощности на преодоление давления газов на поршень при его движении к верхней мертвой точке.

Наивыгоднейшим является такое опережение зажигания, при котором основная фаза сгорания располагается на индикаторной диаграмме симметрично верхней мертвой точке. Для автоматического регулирования угла опережения зажигания в современных двигателях устанавливается центробежный регулятор опережения зажигания, который изменяет угол в зависимости от скорости вращения коленчатого вала, и вакуумный регулятор, для изменения угла при изменении нагрузки на двигатель. Но все это относится к нормальному сгоранию. Нормальным называется сгорание, при котором распространение фронта пламени по объему камеры сгорания является следствием передачи тепла путем теплопроводности и лучеиспускания. При нормальном сгорании топлива в двигателе скорость распространения фронта пламени относительно невелика и не превышает 40...50 м/с.

На некоторых режимах работы двигателя, особенно связанных с большими нагрузками или при использовании топлива, качество которого не соответствует условиям нормального сгорания, может возникнуть детонационное сгорание.

Суть его заключается в следующем: в рабочей смеси в тактах всасывания и сжатия развиваются предпламенные химические реакции окисления с образованием активных промежуточных продуктов. Глубина и скорость этих химических реакций возрастает с повышением температуры и давления, т.е. с повышением степени сжатия. По мере сгорания смеси температура и давление в камере сгорания быстро нарастают. На последние порции смеси высокие температура и давление действуют

наиболее интенсивно, что приводит к их воспламенению. Образуется новый фронт пламени. Одновременно с новым фронтом пламени возникает новая ударная волна, которая, распространяясь по нагретой активной смеси, в которой предпламенные реакции близки к завершению, ускоряет ее самовоспламенение. При этом скорость распространения фронта пламени становится такой же, как и скорость распространения ударных волн. Таким образом появляется детонационная волна сгорания, которая представляет собой распространение ударной волны с фронтом пламени со скоростью 1500...2500 м/с. Металлический стук в двигателе при работе с детонацией является результатом многократных периодических отражений ударных волн от стенок камеры сгорания. При этом на индикаторной диаграмме в конце сгорания регистрируется вибрация давления в виде ряда затухающих пиков (рис. 1.4). В результате большой скорости и взрывного характера сгорания при детонации часть топлива и промежуточных продуктов сгорания «разбрасывается по объему», перемешивается с продуктами сгорания и не успевает полностью сгореть.

Главная опасность детонации заключается в повышенной отдаче тепла от сгоревших газов в стенки камеры сгорания и днище поршня из-за более высоких температур в детонационной волне и увеличения коэффициента теплоотдачи в результате срыва пограничного слоя более холодного газа.

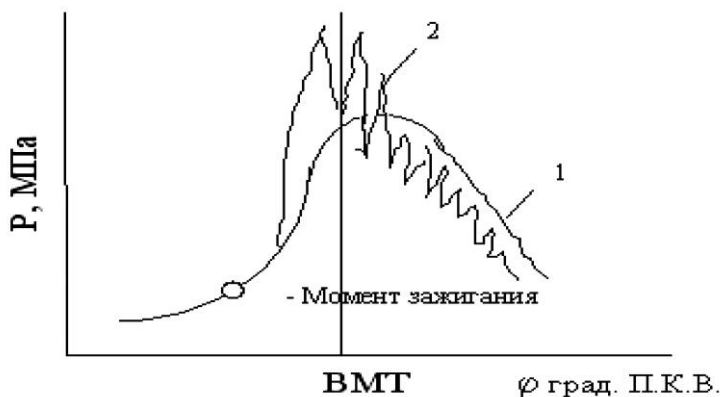


Рис. 1.4 Развернутая индикаторная диаграмма карбюраторного двигателя:  
1 – нормальное сгорание; 2 – детонационное сгорание

Увеличение теплоотдачи в стенки приводит к перегреву двигателя и может вызвать местные разрушения поверхности камеры сгорания и днища поршня. Кроме того, работа двигателя с детонацией ведет к повышенному износу деталей.

Основными факторами, влияющими на возникновение детонации, являются: степень сжатия двигателя, форма камеры сгорания, диаметр цилиндра, материал поршней и головки блока цилиндра, наличие отложе-

ний нагара, угол опережения зажигания, число оборотов коленчатого вала, температура и влажность окружающего воздуха, состав смеси, температура охлаждающей жидкости и т.д.

В двигателях с высокой степенью сжатия иногда возникает «калильное» зажигание – самопроизвольное воспламенение рабочей смеси независимо от времени подачи искры свечей зажигания. Источниками калильного зажигания являются раскаленные тела (тлеющий нагар, перегретые части деталей цилиндропоршневой группы).

Калильное зажигание по своему характеру принципиально отличается от детонационного сгорания, хотя эти явления в условиях работы автомобильного двигателя тесно связаны. Однако процесс сгорания смеси после калильного зажигания протекает с нормальными скоростями и может не сопровождаться детонацией. И хотя калильное зажигание и детонация тесно связаны между собой и часто оба явления имеют место в двигателе в одно и то же время, но механизм протекания этих процессов и меры борьбы с ними существенно различаются.

Калильное зажигание нарушает нормальное протекание процесса сгорания, делает его неуправляемым. Неуправляемое развитие процесса горения при «калильном» зажигании также вызывает появление стука, перегрев двигателя и падение мощности.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, для обеспечения высокой эффективности применения бензинов в современных двигателях и оптимизации физико-химических показателей качества к ним предъявляются следующие требования, которые можно разделить на четыре направления:

1 – обусловленные конструкцией двигателя:

- иметь оптимальные антидетонационные свойства на бедных и богатых смесях, на различных режимах работы двигателя;
- обладать хорошей испаряемостью, обеспечивать легкий запуск, устойчивую работу и хорошую приемистость двигателя;
- иметь хорошую совместимость с конструкционными материалами.

2 – обусловленные условиями эксплуатации:

- хорошо прокачиваться при различных условиях, не образовывать паровых пробок и не выделять твердой фазы при низких температурах;
- быть стабильными при хранении и не образовывать отложений в системе питания.

3- обусловленные производственной базой:

- иметь широкую сырьевую и производственную базу, отработанные технологии.

4- обусловленные экологической безопасностью:

- быть безопасными в обращении;
- не вызывать загрязнения окружающей среды самим и продуктами сгорания.

## 1.2. Марки, состав и применение автомобильных бензинов

Автомобильные бензины являются самым массовым продуктом нефтехимической промышленности. Около 25 % нефти, добываемой в мире, перерабатывается в бензин. Получение бензинов из альтернативного сырья: каменного угля, сланцев, битуминозных песков и природного газа пока ограничено.

Автомобильные бензины являются фракцией нефти, выкипающей в пределах температур 35...195 (205) °С и представляют собой смесь различных компонентов, получаемых разными технологическими процессами нефтепереработки. Бензины, как правило, состоят из базового бензина, высокооктанового компонента (ВОК), антидетонационных присадок и добавок, а также присадок, улучшающих другие эксплуатационные свойства.

Базовые компоненты бензинов получают прямой перегонкой нефти, каталитическим риформингом прямогонных бензиновых фракций, каталитическим крекингом и гидрокрекингом вакуумного газойля, а также термическими процессами переработки (термическим крекингом, термоконтактным крекингом и т.д.) вакуумного газойля, мазута, гудрона и другого тяжелого сырья.

Бензины прямой перегонки, состоящие, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения, имеют самую низкую детонационную стойкость, причем она снижается с повышением температуры конца кипения (табл. 1.1). Октановые числа, определяемые по моторному методу, прямогонных фракций, выкипающих до 180 °С, обычно составляет 40...50 ед. Детонационная стойкость фракций с температурой начала кипения 85 °С несколько выше – 65...70 ед. Исключение составляют прямогонные бензины, получаемые из нефтей нафтенового основания, их октановые числа достигают 71...73 ед. Однако ресурсы этих нефтей весьма ограничены.

Для повышения октановых чисел прямогонных бензинов их подвергают каталитическому риформингу. Октановые числа бензинов каталитического риформинга зависят от жесткости режима процесса. При жестком режиме они достигают октанового числа по исследовательскому методу (ОЧИ) – 95...99 и моторному методу (ОЧМ) – 86...90, при мягком режиме соответственно 83...85 и 74...79.

Бензины термических процессов (крекинга, коксования) содержат до 60% олефиновых углеводородов и по детонационной стойкости превосходят прямогонные бензины. Бензины каталитического крекинга, помимо олефиновых углеводородов, содержат ароматические и изопарафиновые углеводороды. Их детонационная стойкость выше, чем у бензинов, получаемых термическими процессами.

Таблица 1.1

Антидетонационные свойства бензинов прямой перегонки различной нефти

Бензин или фракции	ОЧИ	ОЧМ	Ч
Бензин, к.к. 200 °С (Туймазинская нефть, Башкортостан)	43,0	41,0	+2,0
Бензин, к.к. 200 °С (Краснокамская нефть)	50,0	48,6	+1,4
Бензин, к.к. 200 °С (Каталанглийская нефть, о. Сахалин)	70,5	68,5	+2,0
Бензин, к.к. 200 °С (Мухановская нефть, Самарская обл.)	33,0	32,8	+0,2
Бензин, к.к. 200 °С (Урицкая нефть, Саратовская обл.)	63,8	62,0	+1,8
Бензин, к.к. 200 °С (Ромашкинская нефть, Татарстан)	41,6	41,0	+0,6
Фракция н.к. 180 °С (Ромашкинская нефть, Татарстан)	46,0	46,0	0,0
Фракция н.к. 120 °С (Ромашкинская нефть, Татарстан)	57,5	58,0	-0,5
Фракция н.к. 85 °С (Ромашкинская нефть, Татарстан)	67,0	68,0	-1,0
Фракция н.к. 62 °С (Ромашкинская нефть, Татарстан)	76,0	75,0	+1,0
Фракция н.к. 62 °С (Смесь нефтей Самарской обл.)	75,0	73,2	+1,8

Бензины термических процессов углубленной переработки нефти получают расщеплением высокомолекулярных углеводородов при температуре выше 315 °С с образованием углеводородов с меньшей молекулярной массой (табл.1.2).

Термический крекинг в настоящее время ведется по новой системе, разработанной фирмой «Hydrocarbon Research», получившей название динакрекинг. Процесс проводят в специальном вертикальном реакторе, имеющим верхнюю зону гидрокрекинга, среднюю отпарную зону и нижнюю зоны газификации. В верхней зоне сырье в среде инертного теплоносителя в присутствии водородсодержащего газа превращается в более легкие продукты, которые после отпаривания и газификации выводятся из реактора. Бензины, полученные этим процессом, отличаются повышенной химической стабильностью по сравнению с бензинами других термических процессов.

Висбрекинг – жидкофазный процесс термического крекинга в относительно мягких условиях. Степень превращения сырья зависит от температуры (400...480 °С) и времени контакта.

Таблица 1.2

Основные термические процессы переработки углеводородного топлива

Процесс	Сырье	Получаемые продукты	Средний выход бензина, % масс.
Термический крекинг	Мазут	Газ, бензин, остаток	13
	Газойль коксования	Газ, бензин, сырье для производства технического углерода	25
Висбрекинг	Вакуумный газойль	Газ, бензин, крекинг остаток	35
	Мазут, гудрон	То же и средний дистиллят	7-11
Термоконтактный крекинг	Гудрон	Газ, бензин средний дистиллят, остаток	17
Замедленное коксование	Мазут	Газ, бензин средний дистиллят, кокс	15-22
	Гудрон	То же	15-23
	Газойль каталитического крекинга	Газ, бензин, газойль, игольчатый кокс	12

Бензины висбрекинга обладают невысоким октановым числом (65...66 ед. по ММ) и низкой химической стабильностью, обусловленной высоким содержанием непредельных углеводородов.

Термоконтактный крекинг – сочетает коксование в кипящем слое и газификацию образующегося кокса. Бензиновая фракция продуктов термоконтактного крекинга содержит значительное количество серы и непредельных углеводородов (соединений). Для использования в качестве компонента товарных бензинов ее необходимо подвергнуть гидроочистке или полному гидрированию и каталитическому риформингу.

Замедленное коксование осуществляется в реакторе в псевдооживленном слое порошкообразного кокса – теплоносителя при температуре 480...510 °С и давлении 0,14...0,40 МПа. При коксовании образуется бензин с октановым числом 58...62, а при непрерывном коксовании ОЧ бензина повышается до 70 ед. по моторному методу (ММ). Групповой углеводородный состав бензина замедленного коксования: парафино-нафтеновые - 37...45, олефиновые – 49...51, ароматические – 5...13 % масс.

Бензины термических процессов содержат большое количество непредельных углеводородов, поэтому они имеют более высокие октановые числа, чем бензины прямой перегонки (табл. 1.3). Вследствие невысо-

ких других эксплуатационных свойств бензины термических процессов имеют ограниченное применение.

Таблица 1.3  
Антидетонационные свойства бензинов термических процессов

Бензин	ОЧИ	ОЧМ	Ч
1	2	3	4
Бензин термического крекинга мазута: из самарских нефтей	71,2	64,2	+7,0
из саратовских нефтей	73,4	66,4	+7,0
Бензин термоконтактного крекинга гудрона аланской нефти	83,8	71,0	+12,8
Бензин замедленного коксования гудрона	68,2	62,4	+5,8
Бензин пиролиза этиленового режима после облагораживания	99,0	86,0	+13,0
Бензин пиролиза бутиленового режима по- сле облагораживания	74,3	68,8	+5,5
Бензин термического риформинга (фракция 100...260 °С) на комбинированной установ- ке	76,0	71,0	+5,0

Бензины каталитического крекинга являются основными компонентами товарных бензинов.

Каталитический крекинг – процесс каталитического деструктивного превращения тяжелых дистиллятных нефтяных фракций в моторные топлива и сырье для нефтехимии и производства технического углерода и кокса. При использовании современных цеолитсодержащих катализаторов обеспечивается выход на сырье до 50 % масс, бензина и около 20 % легкого газойля, который применяют как компонент дизельного топлива.

Бензины каталитического крекинга, получаемые на установке Г-43-107 (гидроочистка вакуумного дистиллята, каталитический крекинг, ректификация и газофракционирование продуктов крекинга) с псевдоожиженным катализатором, содержат значительное количество непредельных углеводородов, поэтому характеризуются повышенной склонностью к окислению и нуждаются в химической стабилизации с помощью антиокислительных присадок. Бензины каталитического крекинга имеют более высокую детонационную стойкость по сравнению с бензинами термических процессов. Детонационная стойкость повышается за счет ареновых и алкановых углеводородов изостроения.

Сущность процессов, протекающих при каталитическом крекинге, заключается в расщеплении высокомолекулярных углеводородов (крекинга), изомеризации парафиновых углеводородов, в дегидрировании циклоалканов в арены.

Каталитический риформинг – процесс, предназначенный для повышения детонационной стойкости бензинов и получения аренов, главным образом, бензола, толуола и ксилола.

В основе каталитического риформинга лежит ароматизация исходного сырья путем дегидроциклизации алканов, дегидроизомеризации алкилциклопентанов, изомеризации алканов, гидрокрекинга тяжелых углеводородов.

В качестве сырья каталитического риформинга используют прямые бензиновые фракции, в которых содержатся углеводороды с шестью углеродными атомами, способные превращаться в ароматические кольца.

Сырьем каталитического риформинга является фракция, выкипающая в пределах 85...180 °С. При более высокой температуре конца кипения увеличивается коксообразование и снижается выход бензина. Значительное влияние на процесс риформинга оказывает углеводородный состав сырья: при увеличении содержания нафтеновых углеводородов увеличивается выход бензина и снижается газообразование.

Выход продукта – составляет 78...82 % от сырья. Катализ имеет октановое число по моторному методу 80...85 ед. и содержит 50...65 % ароматических, 35...40 % парафиновых и др. 5 % нафтеновых углеводородов.

Гидрокрекинг - каталитический процесс, предназначенный для получения светлых нефтепродуктов, а также сжиженных газов C<sub>3</sub> – C<sub>4</sub> при переработке тяжелого нефтяного сырья под давлением водорода. Выход легкого бензина (t<sub>чк</sub> – 85 °С) составляет 17,5 % и тяжелого бензина (t<sub>выкипания</sub> - 85...115 °С) – 33,3 % масс. при двухступенчатом крекинге сернистого вакуумного газойля. Легкий бензин состоит в основном из парафиновых углеводородов с ОЧ по ММ и исследовательскому методу (ИМ) 85 ед. Тяжелый бензин – из парафинистых тяжелых дистиллятов с ОЧ – 60 ед.

Бензин гидрокрекинга не содержит непредельных углеводородов. Поэтому, в отличие от бензина каталитического крекинга, он является химически стабильным, не требующим введения антиокислительных присадок. Октановое число бензинов гидрокрекинга повышают путем каталитического риформинга.

Сравнительная характеристика антидетонационных свойств бензинов каталитических процессов представлена в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Антидетонационные свойства бензинов каталитических процессов

Бензин	ОЧИ	ОЧМ	Ч
1	2	3	4
Бензин каталитического крекинга тяжелого дистиллятного сырья:			
из ромашинской нефти	83,8	76,2	+7,6
из туймазинской нефти	87,0	77,8	+9,2

Продолжение таблицы 1.4

Бензин	ОЧИ	ОЧМ	Ч
1	2	3	4
Бензин каталитического крекинга легкого сырья из самарских нефтей	82,6	74,9	+7,7
Бензин каталитического риформинга:			
платформинга обычного режима	86,0	83,6	+2,4
платформинга «жесткого» режима	96,6	86,0	+10,6
Бензин каталитического риформинга без толуола:			
платформинга обычного режима	76,0	70,4	+5,6
гидроформинга	78,6	71,7	+6,9
Головная фракция бензина			
гидроформинга	79,1	74,0	+5,1
платформинга	75,0	71,0	+4,0

Для повышения детонационной стойкости к базовым бензинам добавляют высокооктановые компоненты (ВОК) в количестве 5...40%.

ВОК по углеводородному составу делятся на две группы: алифатические и ароматические. Первая включает в себя: изопентан, изомери-зат, алкилат (алкилбензин), вторая – толуол, пиробензол и смеси аромати-ческих углеводородов C<sub>6</sub> и выше. Они представляют собой различные фракции низкокипящих углеводородов, выделенных из продуктов прямой перегонки нефти или вторичных процессов, а также не вступившие в ре-акции при процессах алкилирования, полимеризации, изомеризации (табл. 1.5).

Таблица 1.5  
Антидетонационные свойства углеводородных высокооктановых компонентов автомобильных бензинов

Компонент	ОЧИ	ОЧМ	Ч
1	2	3	4
Узкие фракции углеводородов:			
бутановая	94,0	89,0	+5,0
изобутановая	101,0	97,0	+4,0
изопентановая	93,0	90,0	+3,0
пентамиленовая	90,0	87,0	+3,0
Газовый бензин (фракция 33 – 103 °С)	89,0	85,8	+3,2
Диизобутилен (изооктилен)	100,0	88,0	+12,0
Полимерный бензин	100,0	85,0	+15,0
Алкилат	92,0	90,0	+2,0
Алкилбензин (широкая фракция алкилата)	90,0- 94,0	88,0- 92,0	+2,0- 4,0

Продолжение таблицы 1.5

Компонент	ОЧИ	ОЧМ	Ч
1	2	3	4
Толуол	115,0	103,0	+12,0
Пиробензол	102,0	88,0	+14,0
Алкилбензол	107,0	100,0	+7,0
Изооктан технический	100,0	100,0	0
Продукты изомеризации фракции C <sub>5</sub> – C <sub>6</sub> (изомеризат)	81,0- 87,0	79,0- 85,0	+2,0- 4,0

Требования к качеству высокооктановых компонентов регламентируются ГОСТ (ТУ) (табл. 1.6 и 1.7).

Таблица 1.6

Требования к показателям качества изопарафиновых компонентов бензина

Показатели	Алкилбензин ТУ 38372		Изооктан технический ГОСТ 4095
	бутиленовый	пропилен бутиленовый	
1	2	3	4
1. Октановое число по ММ, не менее: без ТЭС с 3,2 г ТЭС на 1 кг	90/91,5* -	89/90* -	90 107
2. Сортность на богатой смеси с 2,7 г ТЭС на 1 кг, не менее	140	130	-
3. Фракционный состав, °С			
начало кипения, не ниже	40	40	40
10%, не выше	75	75	80
50%, не выше	108/105*	105	105
90%, не выше	140/130*	140	140
97,5%, не выше	170/130*	-	-
конец кипения, не выше	180	180	-
Остаток и потери, %, не более	1,5	1,5	1,5
4. Давление насыщенных паров, кПа (мм рт. ст.), не более	25 (350)	25 (350)	25 (350)
5. Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> , не более	0,5 (0,35*)	0,5 (0,35*)	0,4
6. Йодное число, г йода на 100 г, не более	1,0 (0,35*)	1,0 (0,35*)	1,5
7. Концентрация фактических смол, мг на 100 мм <sup>3</sup> , не более	2	2	2

Продолжение таблицы 1.6

Показатели	Алкилбензин ТУ 38372		Изооктан технический ГОСТ 4095
	бутиленовый	пропилен бутиленовый	
1	2	3	4
8. Массовая доля воды, %, не более	0,025	0,025	0,025
9. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие		
10. Содержание механических примесей и воды	отсутствие		
11. Испытание на медной пластинке	выдерживает		
<i>Примечание</i> - * для алкилбензина высшей категории качества			

Таблица 1.7

Требования к показателям качества ароматических компонентов бензина

Показатели	Толуол нефтяной ГОСТ 14710		Пиробензол ОСТ 3801105
	Чистый (пиролизный чистый)	Технический (продукт катал.риформинга)	
1	2	3	4
1. Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость без взвешенных частиц и воды		Бесцветная светло-желтая жидкость
2. Октановое число без ТЭС			
ММ	103	103	103
ИМ	115	115	115
3. Фракционный состав, °С			
начало кипения, не ниже	109,9	109,0	80
10%, не выше	109,4	-	95
50%, не выше	-	-	115
90%, не выше	-	-	155
97,5%, не выше	-	-	175
98%, не выше	1,0 (1,5)	-	-
конец кипения, не выше	111,0	111,2	-
Остаток и потери, %, не более	-	-	1

Продолжение таблицы 1.7

Показатели	Толуол нефтяной ГОСТ 14710		Пиробензол ОСТ 3801105
	Чистый (пиролиз- ный чи- стый)	Техниче- ский (про- дукт ка- тал.риформ инга)	
1	2	3	4
4. Степень очистки, окраска с серной кислотой в номерах образцовой шкалы, не более	0,3	0,5	4
5. Бромное число, гBr <sub>2</sub> на 100 см <sup>3</sup>	≤0,2 (≤0,3)	≤0,6	-
6. Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-	-	-18
7. Содержание: Сульфидируемые вещества, %, не менее	99,0	95,0	90
Сера, %, не менее	-	-	0,02
8. Водорастворимые кислоты и щелочи	отсутствие		
9. Механические примеси	-	-	отсутствие

Кроме того, к ВОК относятся кислородсодержащие соединения (оксигенаты). Это спирты, эфиры и их смеси. Оксигенаты имеют высокую детонационную стойкость и снижают токсичность отработавших газов автомобиля. Оксигенаты можно получать из углеводородных газов, угля, сланцев, некоторых отходов органического происхождения.

Метилтретбутиловый эфир (МТБЭ) считается наиболее перспективным компонентом. На основании положительных результатов государственных испытаний в России разрешено производство и применение автобензинов с содержанием МТБЭ до 15 % масс.

МТБЭ - бесцветная жидкость с резким запахом, имеет относительно низкую температуру кипения (55 °С) и повышенное давление насыщенных паров, что ограничивает его применение в летний период в связи с требованиями по испаряемости.

При производстве высокооктановых бензинов АИ-95 и АИ-98 обычно добавляют МТБЭ или МТБЭ в смеси с третбутанолом, получившей название фэтэрол. Эти компоненты повышают полноту сгорания бензина и равномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. МТБЭ снижает теплоту сгорания бензина и повышает агрессивность по отношению к резинам. МТБЭ не оказывает отрицательного действия на организм человека. Добавление в бензины снижает содержа-

ние оксида углерода, углеводородов и полициклических ароматических соединений в отработавших газах. Незначительно увеличивает расход бензина вследствие более низкой, чем у углеводородов теплоты сгорания (35200 кДж/кг). Однако при эксплуатации автомобиля в городских условиях экономичность двигателя не ухудшается, а повышается на 3-5 % вследствие снижения неравномерности распределения детонационной стойкости бензина по фракциям.

За рубежом МТБЭ получают из метанола, вырабатываемого из природного газа и изобутена, производимого на установках крекинга или пиролиза НПЗ. Бутановую фракцию углеводородов выделяют из широкой фракции легких углеводородов, затем проводят реакцию изомеризации н-бутана в изобутан с последующим дегидрированием его в изобутен. Мировая цена на МТБЭ примерно вдвое выше цены премиального автомобильного бензина.

Среди других эфиров в качестве компонентов к автомобильному бензину рассматриваются: этилтретбутиловый эфир (ЭТБЭ), третиамилметиловый эфир (ТАМЭ), простые метиловые эфиры, полученные из химически активных олефинов  $C_3$  и  $C_7$ , присутствующие в бензине каталитического крекинга (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Характеристики эфиров  $C_5 - C_8$ , в качестве компонентов бензинов

Показатель	МТБЭ	ЭТБЭ	ТАМЭ	Метиловые эфиры из олефинов $C_6 - C_7$
1 Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	746	746	775	-
2 ОЧИ	120	120	110	-
3 ОЧМ	100	104	94	-
4 ОЧ дорожное (ДМ)	110	112	102	85-95
5 Температура кипения, °С	55	73	86	100
6 Содержание кислорода, % масс.	18,2	15,7	15,7	12,3-13,8
7 Давление насыщенных паров, кПа	41,1-61,2	21,7-34,5	6,9-13,8	6,9

В качестве оксигенатов испытывались смесь 48% метилового и 52% третбутилового спирта под названием «ксинол» и побочная фракция при производстве изопропилового спирта - диизопропиловый эфир (ДИПЭ).

Наличие в бензине 2 % кислорода в виде «ксинола» или МТБЭ практически не изменяет мощность и экономичность двигателя. При содержании 2,7 % кислорода в виде технического ДИПЭ увеличивает мас-

совый расход топлива из-за снижения теплоты сгорания. Содержание оксида углерода (СО) в отработавших газах снижается от 30 до 50 %. Значительно меньше оксигенаты влияют на выброс углеводородов и окислов азота.

В состав так называемого модифицированного бензина, перспективного с экологической точки зрения, обязательно вводится от 2,0 до 2,7% кислородсодержащих соединений.

Метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$  имеет высокую детонационную стойкость, удовлетворительную испаряемость, образует мало нагара и менее токсичные продукты сгорания по сравнению с бензином. Высокая теплота испарения метилового спирта позволяет снизить температуру горючей смеси в такте пуска, повысить коэффициент наполнения и увеличить мощность двигателя. Двигатели на метиловом спирте выбрасывают в 3-5 раз больше формальдегида по сравнению с бензиновым двигателем. Метиловый спирт сейчас дороже бензина, его рекомендуют в первую очередь использовать в качестве компонента к бензину, а не в чистом виде.

Испытания бензометанольных смесей продолжаются и пока показали «нецелесообразность» их использования на автотранспорте из-за расслаивания смесей при хранении, повышенной коррозионной активности и ухудшения пусковых свойств в холодное время года.

Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) находит применение в качестве компонента к бензину и самостоятельного топлива. Фирмой ФИАТ создан и успешно эксплуатируется специальный автомобиль на этиловом спирте в Бразилии. В США бензоэтанольные смеси называют газохоллом (10% спирта). Расход топлива в двигателе на 5% выше по сравнению с бензином. Повышенная гигроскопичность спирта увеличивает коррозионное воздействие на двигатель. Этиловый спирт обладает повышенной летучестью и испаряется легче бензина. Рекомендуется смешение бензина со спиртом производить непосредственно на заправочных станциях. Массовое применение этилового спирта в качестве компонента модифицированных бензинов в настоящее время не рассматривается.

Добавление кислородсодержащих компонентов (КСК) является одним из путей улучшения экологических свойств бензинов. Современные международные стандарты, ГОСТ Р 51866-2002 ограничивают содержание КСК в составе автомобильных бензинах – 2,3-2,7 % (в пересчете на чистый кислород).

В настоящее время в международную кооперацию по внедрению бензинов, содержащих этанол, входят США, Швеция, Бразилия, Голландия, Франция, Канада и Колумбия. Работы по внедрению в производство бензино-этанольного топлива ведутся во ВНИИ НП с 1994 г. Проведенные лабораторно-стендовые и эксплуатационные испытания (ОАО «АвтоВАЗ») показали возможность использования этанола, а рабочая группа научной экспертизы (протокол от 10.09.97 №5/97) подтвердила целесообразность использования до 5 % этанола при производстве автомобильных бензинов.

Недостатком бензино-спиртовых смесей является фазовая нестабильность, т.е. расслоение при отрицательных температурах и в присутствии воды, что обусловлено ограниченной взаимной растворимостью бензинов, этанола и воды при данной концентрации и температуре.

Следует отметить, что проблема фазового разделения бензино-этанольных смесей снимается в случае использования абсолютированного этанола. Однако в реальных условиях хранения и транспортирования бензино-этанольного топлива неизбежно его обводнение (конденсация воды из влажного воздуха). Кроме того, для увеличения объема выпуска неэтилированных бензинов предусматривается использование этанола гидролизного производства с содержанием воды до 4 %.

В связи с этим для сохранения гомогенности бензино-спиртовой смеси при понижении температуры необходимо введение стабилизатора.

В настоящее время в научной и патентной литературе опубликовано достаточное количество работ, посвященных практическому применению различных классов соединений в качестве стабилизаторов бензино-этанольных смесей. Наиболее изученными и часто применяемыми являются алифатические спирты, эфиры, кетоны, альдегиды и их смеси. Для увеличения растворимости воды предложены мицеллообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ): высшие жирные кислоты и их эфиры, спирты, амины и амиды кислот и др. ПАВ.

Средний компонентный состав основных марок автомобильных бензинов приведен в таблице 1.9. Углеродородный состав бензиновых фракций различных процессов переработки нефти показан в таблице 1.10. Сравнительная характеристика компонентного состава бензинового фонда России, США и Западной Европы показана в таблице 1.11.

Таблица 1.9

Средние компонентные составы автомобильных бензинов, % об.

Компонент	АИ-80	АИ-91	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Бензин каталитического риформинга:					
мягкого режима	40-80	60-90	60-88	-	-
жесткого режима	-	40-100	40-100	45-90	25-88
Ксилольная фракция	-	10-20	10-30	20-40	20-40
Бензин каталитического крекинга	20-80	10-85	10-85	10-50	10-20
Бензин прямой перегонки	20-60	10-20	10-20	-	-
Алкилбензин	-	5-20	5-20	10-35	15-50
Бутаны + изопентан	1-7	1-10	1-10	1-10	1-10
Газовый бензин	-	0,7	0-10	8-15	10-15
Бензин коксования	1-5	-	-	-	-
Гидростабилизированный бензин пиролиза	10-35	10-30	10-30	10-20	10-20
МТБЭ	≤8	5-12	5-12	10-15	10-15

Наиболее эффективным и экономически выгодным способом улучшения антидетонационных свойств бензинов является добавление специальных присадок - антидетонаторов. Антидетонаторами называют вещества, которые при добавлении к бензину в относительно небольших количествах значительно повышают его детонационную стойкость.

Поиск таких присадок проводят уже более 70 лет. Наиболее эффективные антидетонаторы найдены среди органических производных свинца, олова, висмута, марганца, железа и других металлов. В частности, были изучены алкилы металлов, их карбонилы, внутрикмоплексные соли.

На российском рынке в настоящее время появилось множество присадок к моторным топливам различных зарубежных фирм (табл. 1.12). Следует отметить, что большинство этих присадок не адаптирована к российским бензинам, а главное, к имеющейся автомобильной технике. Поэтому применение зарубежных присадок в составе бензинов не всегда обеспечивает достижения рекламных преимуществ их использования.

Наряду с увеличением октанового числа введение антидетонаторов в бензины изменяет их экологические и эксплуатационные свойства. Поэтому для каждого антидетонатора установлен диапазон концентраций, в котором получение положительного антидетонационного эффекта не приводит к существенному ухудшению других свойств бензина (в таблице 1.12 приведены максимально-допустимые концентрации антидетонаторов).

Таблица 1.10

Углеводородный состав бензиновых фракций различных процессов переработки нефти

Бензины	Содержание углеводородов			
	Арены	Цикло-алканы	Алканы	Алкены
Прямогонный бензин из:				
Татарской нефти	3-10	20-30	60-80	1-2
Западносибирской нефти	7-12	22-35	55-70	1-2
Бакинской нефти	2-10	40-65	25-50	-
Каталитический риформинг:				
мягкого режима	40-50	50-60		1-2
жесткого режима	60-70	30-38		1-2
Бензин каталитического крекинга	20-35	55-65		8-12
Бензин термического крекинга	15-35	50-60		15-25
Бензин коксования	20-25	25-35		45-60
Алкилат	-	-	100	-
Рафинат установок экстракции	3...4	96...97		-
Легкая смола пиролиза	45...60	10...18		20...28

Таблица 1.11

Компонентный состав бензинового фонда, % (об.)

Компонент	Россия	США	Западная Европа
1	2	3	4
Бензин каталитического риформинга	52,8	34,6	46,9
Бензин каталитического крекинга	9,6	36,1	27,1
Прямогонный бензин	25,2	4,0	7,6
Бутаны	5,7	5,5	5,7
Изомеризат	1,5	4,7	5,0
Бензин коксования	4,9	-	-
Оксигенаты	0,2	2,1	1,8
Алкилат	0,3	2,1	5,9
<i>Примечание</i> - Общий бензиновый фонд: Россия – 30 млн. т/год; США – 325 млн. т/год; Западная Европа – 125 млн. т/год.			

Для стабилизации бензинов каталитического и термического крекинга в них вводят антиокислительные присадки, способные в малых концентрациях тормозить окислительные процессы. В качестве антиокислительных присадок применяют: параоксидифениламин (ПОДФА) от 0,007 до 0,01 %, ФЧ-16 от 0,03 до 0,1 %, ионол от 0,05 до 0,1 % и Агидол – 12 до 0,15 %.

Таблица 1.12

Антидетонационные присадки и добавки к автомобильным бензинам, допущенные к применению на территории России

Наименование	Допустимая концентрация, %
Присадка Хайтек-3000 фирмы Ethyl	до 50 мг Мп/л
Присадка АвтоВЭМ (ТУ 38.401-58-185-97)	до 1,3
Добавка Феррада (ТУ 38.401-58-186-97)	до 1,3 (37 мг Fe/л)
Присадка АПК (ТУ 38.401-58-189-97)	до 0,3 (37 мг Fe/л)
Присадка Ферроз (ТУ 38.401-58-83-94)	до 0,02 (37 мг Fe/л)
Добавка АДА (ТУ 38.401-58-61-93)	до 1,3
Добавка БВД (ТУ 38.401-58-228-99)	до 1,9
Добавка ВОКЭ (ТУ 38.401-58-244-99)	до 5,0
Добавка МАФ (ТУ 38.401-1045-96)	до 3,5 (37 мг Fe/л)
Добавка Фэтерол (ТУ 2421-009-04749189-95)	до 15,0
МТБЭ (ТУ 103704-90)	до 15,0
Добавка ДАКС (ТУ 0251-003-02066612-96)	до 3,5
Присадка Октан-Максимум (ТУ38.401-144-97)	до 0,02 (37 мг Fe/л)

Проведенные испытания различных антидетонаторов и их композиций свидетельствуют о следующем:

- наибольшую приемистость к антидетонаторам (повышение октанового числа после введения присадки или добавки) имеют бензины на основе алифатических углеводородов, т.е. парафиновые и нафтеновые углеводороды поддаются большему воздействию, чем олефиновые и ароматические;

- с ростом октанового числа бензина его приемистость к антидетонаторам снижается, следовательно, для производства высокооктановых бензинов из-за уменьшения эффективности действия антидетонаторов в области высоких значений октановых чисел необходимо использовать базовые основы с большой величиной октанового числа;

- приемистость базовых бензинов к антидетонаторам выше по исследовательскому методу, чем по моторному;

- применение октаноповышающих композиций позволяет использовать базовую основу с меньшей величиной октанового числа, т.е. получить экономии дорогостоящих высокооктановых компонентов.

Автомобильные бензины маркируются буквой «А» с цифровым индексом, характеризующим величину октанового числа по моторному методу, и буквами

«АИ» с цифровым индексом, означающим величину октанового числа по исследовательскому методу.

В соответствии с ГОСТ 2084-77 вырабатывались следующие марки автомобильных бензинов: А-76 и АИ-91 неэтилированный, АИ-95 неэтилированный.

В настоящее время ГОСТ 2084-77 отменен на территории РФ в части марок автомобильных бензинов А-76 этилированный, АИ-91, АИ-95. Действует ГОСТ Р 51105-97 с изменением 1. ГОСТ Р 51105-97 распространяется на неэтилированные бензины для автомобильного транспорта, применяемые в качестве топлива для автомобильных и мотоциклетных двигателей, а также двигателей другого назначения, рассчитанных на использование неэтилированного бензина.

В соответствии с ГОСТ Р 51105-97, в зависимости от октанового числа, определенного исследовательским методом, устанавливаются следующие марки неэтилированных бензинов: Нормаль-80 – не менее 80; Регуляр-91 – не менее 91; Регуляр-92 – не менее 92; Премиум-95 – не менее 95; Супер-98 – не менее 98.

В зависимости от климатического района применения (ГОСТ 16350) автомобильные бензины подразделяются на пять классов:

1 – для района П<sub>9</sub> с 1 апреля по 1 октября;

2 – для районов П<sub>4</sub> и П<sub>5</sub> с 1 апреля по 1 октября;

3 – для районов I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> с 1 апреля по 1 октября и для района П<sub>9</sub> с 1 октября по 1 апреля;

4 – для районов П<sub>4</sub> и П<sub>5</sub> с 1 октября по 1 апреля;

5 – для районов I<sub>1</sub> и I<sub>2</sub> с 1 октября по 1 апреля.

Кроме того, бензины выпускаются следующих марок:

А-80 (ТУ 38.001165-97); А-92 (ТУ 38.001165-97); А-96 (ТУ 38.001165-97); АИ-93 (ТУ 38.401158-156-96); АИ-95 (ТУ 3840158-201-97); АИ-95 «Экстра» (ТУ 38.1011279-89); АИ-98 (ТУ 3840158-122-95); Супер АИ-95 и АИ-98ф (ТУ 3840158-89-94); Евро-Супер-95 (ТУ 38.401-58-99-94); А-72 и АИ-93 (ТУ 38.401-58-56-93); АИ-91 (ТУ 38.1011225-89).

Новь введенные технические условия:

- бензины автомобильные неэтилированные (ТУ 38.40158-240-99);
- бензины автомобильные неэтилированные, содержащие этанол (ТУ 38.40158-244-99);
- бензин автомобильный неэтилированный (городской) (ТУ 38.40158-264-2000);
- бензин прямогонный смесевой (ТУ 38.40158-271-2000);
- бензин автомобильный компаундированный с улучшенными экологическими свойствами (бензин АК<sub>3</sub>) (ТУ 38.40158-235-99).

У экспортных бензинов А-80, А-92, А-96 по ТУ 38.001165 цифра означает величину октанового числа по исследовательскому методу.

Для эксплуатации автомобилей с карбюраторным двигателем в условиях Севера применяют бензины, вырабатываемые прямой перегонкой из газовых конденсатов по ТУ 51-126-83: АГ-72 и АГ-76. Эти бензины имеют более легкий фракционный состав и конец кипения не выше 150 °С.

Автомобильные бензины предназначены для применения на следующей технике:

- А-80 – на двигателях с  $E = 6,5 \dots 6,7$  (ГАЗ-53, ГАЗ-66, ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, БРДМ и др.);
- АИ-93 (-92) – на двигателях с  $E = 7 \dots 8,5$  (на всех современных отечественных и большинстве иностранных легковых автомобилях);
- АИ-95 – на двигателях с  $E = 8 \dots 10$  (на отечественных представительных автомобилях ЗИЛ, «ЧАЙКА» и престижных автомобилях иностранных марок).

Во всем мире в настоящее время проблемы экологии приобрели первостепенное значение. Приняты законодательные акты, в результате чего проводятся работы по совершенствованию техники, состава топлив и смазочных материалов.

Так, с марта 1993 года введены европейские нормы EN 222 по экологическим показателям бензинов. В соответствии с этими нормами бензины практически не должны содержать свинца, допускаются лишь его следы (менее 0,013 г/дм<sup>3</sup>).

Параметры отечественных наиболее массовых товарных бензинов существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических требований. В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до европейских стандартов разработан ГОСТ 51105-97. Этот стандарт не заменяет другие ГОСТы, по которым предусмотрен выпуск как этилированных, так и неэтилированных бензинов, но в соответствии с ним будут вырабатываться

только неэтилированные бензины (максимальное содержание свинца не более 0,01 г/дм<sup>3</sup>).

Бензин «Нормаль-80» предназначен для использования на грузовых автомобилях. Неэтилированные бензины «Регуляр-91», «Регуляр-92» предназначены для эксплуатации автомобилей взамен этилированного АИ-93. Автомобильные бензины «Премиум-95» и «Супер-98» полностью отвечают европейским требованиям, конкурентоспособны на нефтяном рынке и предназначены в основном для зарубежных автомобилей, ввозимых в Россию. Характеристики физико-химических и эксплуатационных показателей некоторых автомобильных бензинов, вырабатываемых в России представлены в табл. 1.13,1.14,1.15.

В настоящее время наиболее активная работа по улучшению экологических характеристик автотранспорта проводится в Москве. Утверждены технические требования к качеству бензинов с улучшенными экологическими свойствами для реализации в Москве. Московский нефтеперерабатывающий завод выпускает четыре марки бензинов: АИ-80ЭК, АИ-92ЭК, АИ-95ЭК и АИ-98ЭК. Аббревиатура «ЭК» означает, что бензин обладает улучшенными экологическими свойствами. Ярославский нефтеперерабатывающий завод выпускает две марки бензина с индексом «Е» ЯрМарка 92Е, ЯрМарка 95Е. Характеристики данных марок бензинов представлены в табл. 1.16.

Таблица 1.13

Основные характеристики автомобильных бензинов

Показатели	ТУ 38.401- 58-56-93	ТУ 38.001165-97		ТУ 38.10112 25-89
	АИ-93	А-80	А-92	АИ-91
1	2	3	4	5
1. Детонационная стойкость: октановое число, не менее:				
по моторному методу	85	76	83	82,5
по исследовательскому методу	93	80	92	91
2. Концентрация свинца, г на 1 дм <sup>3</sup> бензина, не более	0,37	0,013	0,013	0,013
3. Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже:				
летнего	35	35	35	35
зимнего	-	-	-	-
10% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:				
летнего	70	70	75	70
зимнего	55	-	-	55

Продолжение таблицы 1.13

Показатели	ТУ 38.401- 58-56-93	ТУ 38.001165-97		ТУ 38.10112 25-89
	АИ-93	А-80	А-92	АИ-91
1	2	3	4	5
50% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:				
летнего	115	115	115	115
зимнего	100	-	-	110
90% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:				
летнего	180	180	180	180
зимнего	160	-	-	160
конец кипения бензина, °С, не выше:				
летнего	195	205	205	205
зимнего	185	-	-	195
4. Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт. ст.), не более:				
летнего	66,7	80	80	66,7
зимнего	66,7-93,3	-	-	66,7-93,3
5. Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	3	3	3	3
6. Концентрация фактических смол в мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более:				
на месте производства	5,0	5,0	5,0	5,0
на месте потребления	7,0	-	-	10,0
7. Индукционный период бензина на месте производства, мин, не менее	900	600	600	900
8. Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,05	0,05	0,1
9. Испытание на медной пластине	Выдерживает		Выдерживает	
10. Водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствуют		Отсутствуют	
11. Механические примеси и вода	Отсутствуют		Отсутствуют	
12. Цвет	Оранжево-красный			-
13. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Не более 755	Не более 770	Не нормируется. Определение обязательно	

Таблица 1.14

Характеристика физико-химических и эксплуатационных показателей автомобильных бензинов

Наименование показателей	Значение для марки				
	Нормаль-80	Регуляр-91	Регуляр-92	Премиум-95	Супер-98
1	2	3	4	5	6
1. Октановое число, не менее:					
по моторному методу	76,0	82,5	83,0	85,0	88,0
по исследовательскому методу	80,0	91,0	92,0	95,0	98,0
2. Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
3. Концентрация марганца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	50,0	18	-	-	-
4. Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
5. Индукционный период бензина, мин, не менее	360	360	360	360	360
6. Массовая доля серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
7. Объемная доля бензина, %, не более	5	5	5	5	5
8. Испытание на медной пластине	Выдерживает класс I				
9. Внешний вид	Чистый. Прозрачный				
10. Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	700-750	725-780	725-780	725-780	725-780

*Примечания:*

1. Концентрацию марганца определяют только для бензинов, содержащих марганцевый антидетонатор (МЦТМ).

2. Автомобильные бензины, предназначенные для длительного хранения (5 лет) в Госрезерве и Министерстве обороны, должны иметь индукционный период не менее 1200 мин.

Таблица 1.15

Характеристика испаряемости бензинов

Наименование показателей	Значение для класса				
	1	2	3	4	5
1. Давление насыщенных паров (ДНП) бензина, кПа:					
миним.	35	45	55	60	80
макс.	70	80	90	95	100
2. Фракционный состав: температура начала перегонки, °С, не ниже пределы перегонки, °С, не выше:	35	35	Не нормируется		
10 %	75	70	65	60	55
50 %	120	115	110	105	100
90 %	190	185	180	170	160
конец кипения, °С, не выше	215	215	215	215	215
доля остатка в колбе, %, (по объему)	2	2	2	2	2
остаток и потери, % (по объему),	4	4	4	4	4
или объем испарившегося бензина, %, при температуре:					
70 °С миним.	10	15	15	15	15
макс.	45	45	47	50	50
100 °С миним.	35	40	40	40	40
макс.	65	70	70	70	70
180 °С не менее	85	85	85	85	85
конец кипения, °С, не выше	215	215	215	215	215
остаток в колбе, % (по объему), не более	2	2	2	2	2
3. Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300

Таблица 1.16

Характеристики автомобильных бензинов с улучшенными  
экологическими показателями

Показатели	АИ-80ЭК	АИ-92ЭК	АИ-95ЭК	АИ-98ЭК	Яр-Марка 92 Е	Яр-Марка 95 Е
	ТУ 38.401-58-171-96	ТУ 38.301-25-41-97			ТУ 38.301-25-41-97	
1	2	3	4	5	6	7
Октановое число, не менее, по методу:						
моторному	76,0	83,0	85,0	88,0	83,0	85,0
исследовательскому	80,0	92,0	85,0	88,0	92,0	95,0
Содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Фракционный состав %, при температуре:						
70 °С	10-50	15-50	15-50	15-50	15-50	15-50
100 °С	35-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
180 °С	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
конец кипения бензина, °С, не выше	215	215	215	215	215	215
остаток в колбе, % (об.), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров, кПа:						
летний период:						
с 1.04 по 1.10	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70
зимний период:						
с 1.10 по 1.04	-	-	-	-	60-100	60-100
Индекс паровой пробки, не более:						
летний период	950	950	950	950	950	950
зимний период	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Объемная доля, %, ароматических у/в	-	-	-	-	45	45

Аналогичные по составу бензины выпускает Нижегороднефтеоргсинтез»: «НОРСИ-80», «НОРСИ-92», «НОРСИ-95», у которых содержание серы не более 0,05 % масс, непредельных – не более 10 %, ароматики – 40...50 %.

Однако, поиск оптимальных решений по перспективному составу моторных топлив представляет собой сложную комплексную проблему, включающую в себя оценку экологического ущерба в сопоставлении с

техническими возможностями и финансовыми затратами на совершенствование конструкции двигателей, изменение технологии производства топлив, поиск и внедрение принципиально новых решений. Все эти вопросы требуют серьезных проработок.

Согласно требований ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99), разработанного ОАО «ЛУКОЙЛ», выпускаются автомобильные бензины высшего качества и обычного неэтилированного бензина марок:

- Супер Евро 98;
- Премиум Евро 95;
- Регуляр Евро 92.

Физико-химические и эксплуатационные показатели этих бензинов приведены в табл. 1.17, 1.18, 1.19.

Таблица 1.17

Требования к бензинам высшего качества марок  
Премиум Евро-95 и Супер Евро-98

Наименование показателя	Значение
1	2
Октановое число, не менее:	
- по исследовательскому методу	95,0*
- по моторному методу	85,0*
Концентрация свинца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	5
Плотность при 15 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	720-775
Концентрация серы, мг/кг, не более	150
Устойчивость к окислению, мин, не менее	360
Концентрация смол, промытых растворителем, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 <sup>0</sup> С), единицы по шкале	Класс 1
Внешний вид	Прозрачный и чистый
Объемная доля углеводородов, %, не более:	
- олефиновых	18,0
- ароматических	42,0
Объемная доля бензола, %, не более	1,0
Массовая доля кислорода, %, не более	2,7
Объемная доля оксигенатов, %, не более:	
- метанола	3
- этанола	5
- изопропилового спирта	10
- изобутилового спирта	10
- третбутилового спирта	7
- эфиров (С5 и выше)	15
- других оксигенатов)	10

*Примечание:*

\* - Бензин высшего качества марки Супер Евро-98 вырабатывают с октановым числом 98 по исследовательскому методу (88 – по моторному) и показателям качества, установленными в табл. 1.17.

Таблица 1.18  
Требования к неэтилированному бензину обычного качества  
марки Регуляр Евро-92

Наименование показателя	Значение
1	2
Октановое число, не менее:	
- по исследовательскому методу	92
- по моторному методу	83
Концентрация свинца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	5
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	720-775
Концентрация серы, мг/кг, не более	150
Устойчивость к окислению, мин, не менее	360
Концентрация смол, промывных растворителем, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1
Внешний вид	Прозрачный и светлый
Объемная доля углеводородов, %, не более:	
- олефиновых	21,0
- ароматических	42,0
Объемная доля бензола, %, не более	1,0
Массовая доля кислорода, %, не более	2,7
Объемная доля оксигенатов, %, не более:	
- метанола	3
- этанола	5
- изопропилового спирта	10
- изобутилового спирта	10
- третбутилового спирта	7
- эфиров (C5 и выше)	15
- других оксигенатов	10

Таблица 1.19

## Классы испаряемости

Наименование показателя	Значение для класса					
	А	В	С и С1	Д и D1	Е и Е1	F и F1
1	2	3	4	5	6	7
Давление насыщенных паров (ДНП), кПа:						
не менее	45,0	45,0	50,0	60,0	65,0	70,0
не более	60,0	70,0	80,0	90,0	95,0	100,0
Фракционный состав: объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °С (И70)	20,0- 48,0	20,0- 48,0	22,0- 50,0	22,0- 50,0	22,0- 50,0	22,0- 50,0
100 °С (И100)	46,0- 71,0	46,0- 71,0	46,0- 71,0	46,0- 71,0	46,0- 71,0	46,0- 71,0
150 °С (И150), не менее	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
конец кипения, °С, не выше	210	210	210	210	210	210
остаток в колбе, % (по объе- му), не более	2	2	2	2	2	2
Максимальный индекс паро- вой пробки (ИПП)* ИПП=10ДНП + 7(И70)	-	-	С1 1050	Д1 1150	Е1 1200	F1 1250

*Примечание:* \*- для бензинов классов А,В,С,Д,Е и F индекс паровой пробки не нормируется.

Требования Европейских стандартов (Евро) к качеству автомобильных бензинов из года в год возрастают в направлении обеспечения оптимальной испаряемости и снижения токсичности отработавших газов. Динамику изменения качественных требований отражает табл. 1.20

Таблица 1.20

Сравнительные данные требований стандартов Евро-2, Евро-3 и Евро-4 для автомобильных бензинов

Показатели	Требования		
	Евро -2	Евро -3	Евро -4
Содержание бензола, %	5,0	1,0	1,0
Содержание серы, %	0,05	0,015	0,003
Содержание ароматических компонентов, %	-	42	30
Содержание олефиновых компонентов, %	-	18	14
Содержание кислорода, %	-	2,3	2,7
Фракционный состав, %:			
до 100 °С перегоняется, не менее	-	46	46
до 150 °С перегоняется, не менее	-	75	75
Давление насыщенных паров, КПа, Не более	-	60	60
Наличие моющих присадок	-	Обяз.	Обяз.

Динамика изменения требований Европейских стандартов Евро–2, Евро – 3, Евро – 4 для автомобильных бензинов свидетельствует о снижении в бензинах содержания бензола, серы, ароматических и олефиновых компонентов, обязательном введении моющих присадок и увеличении концентрации синтетических кислородсодержащих компонентов.

Россия не является членом Европейского Комитета по Стандартизации (CEN), однако Рекомендации технического комитета CEN/ TC «Нефтепродукты, смазки и связанные с ними продукты» учитывает в своих национальных стандартах. Более того, Правительством принимаются меры по повышению качества топлив для автомобильных двигателей до уровня Евро – 4, а в последующем - и с более высоким уровнем качества.

### 1.3 Основные эксплуатационные свойства бензинов

Согласно ГОСТ 26098 «Термины и определения» эксплуатационное свойство — это свойство нефтепродукта, проявляющееся при производстве, транспортировании, хранении, испытании, применении, характеризующее совокупность однородных явлений при этих процессах.

К основным эксплуатационным свойствам бензинов относятся: горючесть, испаряемость и склонность к образованию отложений.

**Горючесть** — эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса горения паров топлива с воздухом, протекающего в камере сгорания двигателей.

Горючесть бензина характеризуется его детонационной стойкостью — способностью бензина сгорать без взрыва в двигателе с искровым зажиганием.

Детонационную стойкость оценивают по величине октанового числа.

Октановое число — условная величина, численно равная процентному (по объему) содержанию изооктана в такой его смеси с нормальным гептаном, которая по своей детонационной стойкости в стандартных условиях испытания на специальной моторной установке эквивалентна испытываемому топливу.

При этом детонационная стойкость изооктана условно принята за 100 единиц, а нормального гептана — за 0.

Для автомобильных бензинов нормируется октановое число, определяемое по моторному и исследовательскому методам. В настоящее время октановое число по моторному и исследовательскому методам определяется на одноцилиндровой установке УИТ - 85, но при различных режимах испытания. Моторный метод моделирует работу двигателей на форсированных режимах при длительных нагрузках, характерных для работы машин в загородных условиях, исследовательский — работу двигателей машин при меньших нагрузках и температурных режимах, характерных для городских условий (частые остановки, неполная загрузка и т.п.).

Октановые числа одного и того же бензина, определяемые моторным и исследовательским методами, отличаются друг от друга. Так, для АИ-93 октановое число, определенное по исследовательскому методу, на 5...8 единиц выше, чем по моторному методу. Разность между октановыми числами, определенными по моторному и исследовательскому методам, называют чувствительностью бензина.

Условия работы авиационных поршневых двигателей отличаются от условий, в которых работают автомобильные двигатели, частотой вращения коленчатого вала, температурным режимом, наличием наддува и др., поэтому для оценки детонационной стойкости авиабензинов наряду с октановым числом нормируется так называемая «сортность» на богатой смеси и в условиях наддува.

Сортность показывает, на сколько больше или меньше можно получить мощность при работе специального одноцилиндрового двигателя на богатой смеси на испытываемом топливе по сравнению с мощностью, развиваемой этим же двигателем на изооктане.

Детонационная стойкость углеводородов зависит от их молекулярной массы и строения и повышается в ряду: n-алканы, n-алкены, цикланы, изоалканы, арены (ароматические). С повышением молекулярной массы детонационная стойкость углеводородов всех классов снижается.

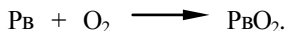
Повышение детонационной стойкости достигается: изменением химического состава базового бензина, добавлением высокооктановых компонентов и введением специальных присадок - антидетонаторов.

Наиболее эффективной антидетонационной присадкой до конца XX столетия являлся тетраэтилсвинец (ТЭС) -  $(C_2H_5)_4Pb$ . Это бесцветная сильно токсичная жидкость ( $ПДК_{p.з.} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ ) с высокой плотностью ( $1,652 \text{ г/см}^3$ ). Хорошо растворяется в бензине, спирте, ацетоне. ТЭС эффективно повышает октановое число бензина при добавлении до 3-4 г/л (0.3-0.4 %).

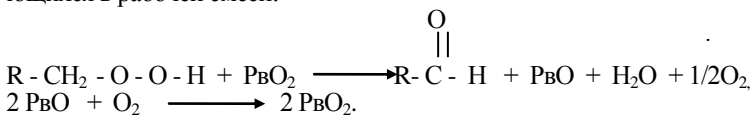
Механизм действия ТЭС заключается в том, что при повышенных температурах (от  $200^\circ\text{C}$ )  $(C_2H_5)_4Pb$  начинает разлагаться с образованием металлического свинца и свободного радикала:



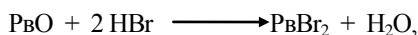
При  $500 \dots 600^\circ\text{C}$  происходит полное разложение ТЭС и окисление металлического свинца:



$PbO_2$  прерывает взрывное развитие перекисных цепочек, образующихся в рабочей смеси:



При сгорании бензина, содержащего ТЭС, образуется окись свинца, имеющая низкую летучесть ( $t_{пл.} = 888^\circ\text{C}$ ), и часть ее отлагается на стенках камеры сгорания, свечах, клапанах, что может привести к быстрому выходу двигателя из строя. Поэтому ТЭС добавляют к бензину в смеси с веществами, способными при сгорании образовывать со свинцом или его оксидами соединения с большим давлением насыщенных паров и низкой температурой плавления. Такие вещества получили название выносителей, а смесь ТЭС с выносителями — этиловой жидкости. В качестве выносителей свинца наибольшее распространение нашли галоидоалкилы ( $C_2H_5Br$  и  $C_2H_5Br_2$ ). Галоидоалкилы при повышенных температурах превращают металлический свинец и окись свинца в «летучие» галоидопроизводные:



В температурных условиях работы двигателя эти галоидопроизводные свинца находятся в парообразном состоянии и практически полностью выносятся из камеры сгорания.

В США в качестве антидетонатора была наиболее распространена присадка тетраметилсвинец (ТМС), а в качестве выносителя применяется дибромметан ( $C_2H_4Br_2$ ). Для высокооктановых ароматизированных автобензинов ТМС более эффективен, чем ТЭС.

В настоящее время в интересах экологической безопасности применение ТЭС и ТМС повсеместно прекращается, и ведутся непрерывные поиски высокоэффективных нетоксичных антидетонаторов. Исследованные в качестве антидетонаторов вещества можно разделить на две группы: металлоорганические и органические соединения.

Среди металлоорганических соединений кроме ТЭС и ТМС, наиболее эффективными оказались соединения, содержащие марганец: циклопентадиенилтрикарбонилмарганец (ЦТМ) и метилциклопентадиенилтрикарбонилмарганец (МЦТМ) и железо: дициклопентадиенилжелезо (ДЦПДЖ) и пентакарбонилжелезо (ПКЖ). По антидетонационной эффективности марганцевые антидетонаторы аналогичны, а содержащие железо несколько уступают свинцовым. Однако при работе на бензине с марганцевыми антидетонаторами образующийся нагар вызывает перебой в работе свечей зажигания за счет утечки тока на поверхности изолятора свечи и образования токопроводящих нитей между электродами свечи. Продукты сгорания марганца имеют высокую электропроводность, возрастающую с повышением температуры. Проводятся исследования по изысканию преобразователей нагара, изменению конструкций свечей, применению новых материалов для изоляторов и электродов свечей.

К органическим антидетонаторам относятся: метиланилин, ксилидин, экстралин. При добавлении этих антидетонаторов к бензину в количестве 2% об. Октановое число возрастает на 4...5 пунктов, а при добавлении 5% — на 7...8 пунктов.

**Испаряемость** — эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса перехода топлива из жидкого состояния в парообразное. Скорость испарения зависит от температурного режима и физико-химических свойств бензинов.

Испаряемость бензинов влияет на легкость запуска, продолжительность прогрева, приемистость и устойчивость работы двигателя. От испаряемости зависит полнота сгорания и эффективность применения бензина. Вместе с тем испаряемость оказывает решающее влияние на потери бензина при хранении, изменение его качества и экологию окружающей среды.

Испаряемость бензина характеризуют его физические показатели: фракционный состав, давление насыщенных паров (Рн.п.), поверхностное натяжение, теплопроводность, теплоемкость и скрытая теплота испарения.

Наиболее полно характеризует испаряемость фракционный состав — это зависимость между температурой и количеством фракций, выкипающих при этой температуре.

Запуск двигателя в основном затруднен при низких температурах, когда частота вращения коленчатого вала мала (40...150 мин<sup>-1</sup>). В этих условиях разрежение в диффузоре будет небольшим, в результате образуется переобедненная смесь ( $\alpha = 1,8...2,5$ ). Для устранения этого явления смесь искусственно обогащают ( $\alpha = 0,8...0,9$ ), прикрывая воздушную заслонку.

О легкости пуска холодного двигателя судят по температурам начала перегонки и выкипания 10 % фракций, а также по давлению насыщенных паров. Чем ниже температуры начала перегонки и выкипания 10 % фракций, тем выше давление насыщенных паров, тем легче запустить холодный двигатель. Установлена эмпирическая зависимость температуры воздуха ( $t_{\text{возд.}}$ ), при которой возможен легкий пуск холодного двигателя от температур начала перегонки ( $t_{\text{н.п.}}$ ) и выкипания 10 % фракций ( $t_{10\%}$ ):

$$t_{\text{возд.}} > 0.5 t_{10\%} - 50.5 + (t_{\text{н.п.}} - 50)/3. \quad (1.1)$$

Для облегчения запуска в зимнее время могут использоваться пусковые жидкости с Рн.п. > 700 мм рт.ст. (93,3 кПа).

На продолжительность прогрева, наряду с конструкционными факторами, сильное влияние оказывает температура перегонки 50 % фракций. Чем ниже эта температура, тем легче и полнее происходит испарение и быстрее прогревается двигатель. Поэтому для экономии горючего в зимнее время необходимо утеплять капот и прикрывать жалюзи радиатора.

Температура перегонки 50 % фракций оказывает существенное влияние и на приемистость двигателя, т.е. на быстроту перехода двигателя на режим максимальной мощности. При резком открытии дроссельной заслонки тепловой режим двигателя нарушается за счет поступления во впускной коллектор большого количества топлива и холодного воздуха, вследствие чего температура во впускном коллекторе снижается, и испарение бензина ухудшается. Горючая смесь оказывается обедненной. При чрезмерном обеднении смеси двигатель вообще может заглохнуть. Для восстановления теплового равновесия требуется некоторое время. Чем ниже средняя температура перегонки бензина, тем быстрее двигатель выйдет на режим максимальной мощности, причем эта зависимость увеличивается с понижением температуры окружающего воздуха.

Полное испарение бензина в двигателе характеризуется температурами выкипания 90 % фракций и конца кипения. При высоких значениях этих температур тяжелые фракции не испаряются во впускном коллекторе и поступают в цилиндры в жидком виде. Неиспарившийся бензин, смывая масло с зеркала цилиндра и снижая вязкость моторного масла в картере, способствует повышенному износу двигателя. Особенно интен-

сивно изнашивается двигатель, работающий на бензинах тяжелого фракционного состава в холодное время года. При использовании бензинов с высокой температурой конца кипения также усиливается неравномерность распределения горючей смеси по цилиндрам двигателя и повышается склонность бензина к нагарообразованию. Снижение температуры конца кипения бензинов может повысить их эксплуатационные свойства, однако это снижает ресурс бензинов.

Другим важным показателем испаряемости является давление насыщенных паров. По этому показателю судят о склонности бензина к образованию паровых пробок в топливной системе и потерям при хранении. Чем выше давление насыщенных паров, тем интенсивнее испаряется бензин. С увеличением температуры опасность образования паровых пробок увеличивается, поэтому у бензинов летнего вида  $R_{н.п.} < 500$  мм рт.ст. (66,7 кПа), а у зимнего —  $R_{н.п.} < 700$  мм рт.ст. (93,3 кПа). Особенно опасно образование паровых пробок в топливной системе летательного аппарата, поэтому у авиабензинов давление насыщенных паров ограничено — 220...360 мм рт.ст. ( $\approx 48$  кПа) для обеспечения надежности запуска.

Высокая испаряемость бензина может иногда стать причиной обледенения карбюратора. Испарение бензина в карбюраторе сопровождается понижением температуры его деталей. В условиях высокой влажности при температуре воздуха около  $4^{\circ}\text{C}$  происходит вымерзание влаги из окружающего воздуха, которое вызывает обледенение карбюратора.

Снижая испаряемость бензина, можно предотвратить обледенение карбюратора, однако это ухудшает пусковые свойства бензинов. Поэтому в бензин вводят специальные антиобледенительные присадки или осуществляют конструктивные меры.

**Склонность к образованию отложений** — эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процессов образования отложений продуктов превращения топлив при эксплуатации техники. В процессе хранения и при применении в двигателях бензины образуют отложения в резервуарах, топливных баках, системе питания, в камере сгорания, на поршнях и клапанах. Различают низкотемпературные отложения — смолы и шламы, и высокотемпературные — нагары и лаки. Смолы представляют собой продукты окислительной полимеризации и конденсации углеводородов. Некоторое количество низкотемпературных отложений образуется и за счет отсоса во впускную систему картерных газов, которые содержат продукты неполного сгорания бензина, мельчайшие капельки масла, пары воды. Слой смолистых отложений создает дополнительное сопротивление топливовоздушной смеси, затрудняет отвод тепла, ухудшает условия испарения, нарушает работу клапанного механизма (табл. 1.22).

Склонность бензина к отложениям оценивают по следующим показателям: концентрация фактических смол, индукционный период и содержание ТЭС. Опасны не только уже образовавшиеся смолы, но и потенциальные, т.е. те, которые образуются во время приготовления горючей смеси. Склонность бензина к отложениям увеличивается с понижи-

ем химической стабильности, которая определяется содержанием непредельных углеводородов. Содержание в бензине непредельных углеводородов оценивается йодным числом.

Более достоверный прогноз склонности бензинов к смолообразованию дает определение индукционного периода. Окисление бензина является автокаталитическим процессом, так как образующиеся продукты окисления каталитически ускоряют процесс смолообразования. Вначале реакция протекает медленно и в бензине происходит накопление первичных продуктов окисления (период индукции), но по мере накопления этих продуктов, а также смолистых веществ, реакция ускоряется.

Таблица 1.22

Состояние двигателя в зависимости от концентрации фактических смол в бензине

Концентрация фактич. смол, мг/100 мл	Состояние двигателя после 50 часов работы	Пробег автомобиля до появления неисправностей из-за отложения смол, км
1	2	3
До 10	Во впускной системе и цилиндрах отложений не наблюдается	Неограниченный
11-15	Слабые следы отложений на клапанах и стенках впускного коллектора	Не более 25000
16-20	Небольшие отложения на стенках впускного коллектора и клапанах	Не более 16000
21-25	Заметные отложения на стенках впускного коллектора и клапанах. Сечение впускного коллектора уменьшилось на 20 - 25 %	Не более 5000
50-100	Большие отложения в системах питания и смесеобразования. Распылители, диффузор и дроссель покрыты липкими осадками	Не более 2000

Индукционный период уменьшается, если в свежий бензин ввести продукты окисления. Поэтому недопустимо смешение свежего бензина со старым осмолившимся. Осмоление бензинов каталитически ускоряют цветные металлы: медь, свинец, а также ржавчина.

Разложение ТЭС сопровождается выпадением из жидкой фазы кристаллического или хлопьевидного осадка, который сам может явиться причиной засорения топливных фильтров и карбюратора.

Наиболее эффективным способом борьбы с образованием отложений во впускной системе двигателя является применение специальных моющих или многофункциональных присадок.

Высокотемпературные отложения могут вызывать зависания клапанов, увеличивают степень сжатия, ухудшают отвод тепла, способствуют возникновению преждевременного воспламенения рабочей смеси.

Количество и характер отложений в двигателе зависят от состава бензина, наличия в нем ароматических и сернистых соединений, смолистых веществ, добавок и присадок. Снижение температуры конца кипения и удаление сернистых соединений резко уменьшают нагарообразование.

Смолистые вещества не оказывают значительного влияния на образование нагара, но образуют лаковые отложения на юбке и в канавках поршня, на кольцах и клапанах.

Нагар на 70...75 % состоит из углерода при применении неэтилированного бензина или содержит 60...90 % соединений свинца в случае использования этилированных бензинов. Это является причиной быстрого выхода из строя двигателей автомобилей в случае применения на них этилированных авиационных бензинов, так как автомобильные двигатели конструктивно не рассчитаны на применение бензинов с высоким содержанием ТЭС (табл.1.23).

Таблица 1.23  
Зависимость массы нагара от содержания ТЭС

Содержание ТЭС, г/кг	0	0,27	0,54	1,0	1,5
Масса нагара, мг/ч	2,0	7,6	8,8	12,7	14,0

Для предотвращения разложения ТЭС и смолообразования в бензины вводят антиокислительные присадки (ингибиторы окисления). Для устранения последствий нагарообразования в ряде случаев используют специальные присадки к бензинам, представляющие собой органические соединения фосфора, такие как трикрезолфосфат, трибутилфосфат и алкилборные кислоты и их эфиры. Механизм действия этих присадок в этилированных бензинах заключается в образовании свинцовофосфорных и свинцовоборных соединений, снижающих его температуру воспламенения, что прекращает тление нагретых частиц. Также значительно уменьшают нагарообразование спирты.

Таким образом, количество отложений и скорость их образования зависят как от внешних факторов, так и от скорости протекания химических и физических процессов, происходящих в бензинах. Влияние отложений на надежность работы двигателя однозначно отрицательное.

## Контрольные вопросы и задания

1. Что понимается под углом опережения зажигания?
2. В чём заключается сущность и опасность детонационного сгорания топлива?
3. Перечислите основные факторы, влияющие на возникновение детонации.
4. Какие требования к качеству бензинов предъявляются для обеспечения высокой эффективности их применения на современных двигателях?
5. Из чего состоит бензин?
6. Что такое октановое число?
7. Какие присадки добавляются к бензину для улучшения его эксплуатационных свойств?
8. Перечислите марки бензинов с улучшенными показателями качества.
9. Перечислите основные эксплуатационные свойства бензина.
10. От каких показателей качества бензинов зависят их основные эксплуатационные свойства?

## ГЛАВА 2. ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

К дизельным топливам относятся топлива для двигателей с воспламенением топливно-воздушной смеси от сжатия (дизелей).

Широкое распространение дизелей обусловлено их преимуществами перед бензиновыми двигателями: высокая экономичность (удельный расход топлива на 30...40 % ниже), отсутствие системы зажигания, возможность использования более тяжелых видов топлива, меньшая пожарная опасность, более высокая приемистость.

### 2.1. Условия применения и требования к качеству дизельных топлив

Условия применения дизельных топлив определяются особенностями рабочего процесса дизеля и условиями эксплуатации изделий автотракторной техники, на которой установлены дизели.

Специфической особенностью дизельного двигателя является то, что смесеобразование в нем происходит непосредственно в камере сгорания, а образовавшаяся рабочая смесь самовоспламеняется за счет энергии адиабатически сжатого воздуха.

Условия испарения, смесеобразования и сгорания в дизеле значительно отличаются от условий, в которых протекают эти процессы в карбюраторном двигателе.

Впрыск топлива производится в среду горячего (500...700 °С) и сильно сжатого воздуха (степень сжатия воздуха в дизеле достигает 14...18 и выше). Для обеспечения хорошего распыла (средний диаметр капель 10...100 мкм) и смесеобразования топливо в цилиндр подается под давлением (до 150 МПа и выше). Для этого используется специальная аппаратура, включающая насосы высокого давления и форсунки или насосы-форсунки. Вследствие этого, топливная система дизеля гораздо сложнее, чем у карбюраторного двигателя. Топливо в дизельном двигателе выполняет не только роль горючего, но и используется в качестве смазочного материала трущихся деталей топливной аппаратуры.

Процесс смесеобразования включает: распыливание вводимой порции топлива, распределение капель в камере сгорания, испарение и диффузию паров топлива.

В быстроходных дизелях смесеобразование осуществляется в весьма короткие промежутки времени (за 0,003...0,006 с). К началу воспламенения (период задержки воспламенения составляет 0,0016...0,003 с) процессы смесеобразования не успевают завершаться во всем объеме камеры сгорания, продолжают развиваться одновременно с процессом горения топливно-воздушного заряда. При этом вследствие температуры скорость процессов физико-химической подготовки, еще не участвующего в горении топлива, значительно увеличивается. Однако, в дальнейшем условия воспла-

менения и горения топлива, особенно поступающего в конце впрыска, ухудшаются за счет недостаточного подвода кислорода в зону реакции и фракционирования при испарении капель топлива, так как в последнюю очередь испаряются и участвуют в горении высококипящие углеводороды с большой молекулярной массой. В этих условиях горение последних порций топлива замедляется и в условиях повышенных нагрузок является одной из причин дымления двигателя.

На рис.2.1 показана индикаторная диаграмма рабочего процесса двигателя с воспламенением от сжатия, развернутая по углу поворота коленчатого вала. Пунктиром показано изменение давления в камере сгорания неработающего двигателя. В непрерывном рабочем процессе можно выделить три стадии.

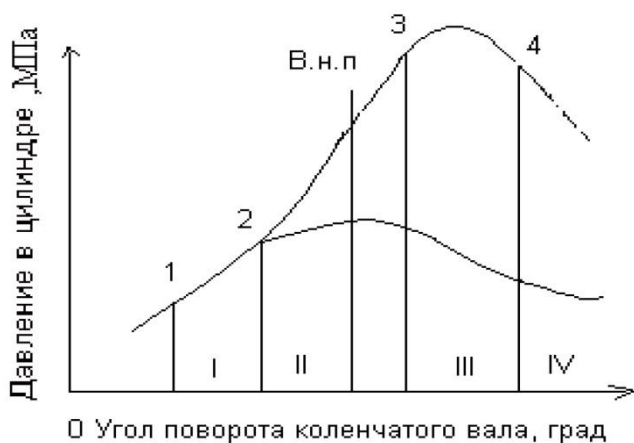


Рис. 2.1. Развернутая индикаторная диаграмма дизеля

К первой стадии относятся процессы, протекающие в камере сгорания от момента начала впрыска (точка 1) до образования очага пламени. С момента образования очага пламени начинается резкое повышение давления и этот момент характеризуется на индикаторной диаграмме точкой отрыва линии работающего двигателя (точка 2) от линии сжатия.

Период времени от начала впрыска до начала горения называется периодом воспламенения (самовоспламенения). В этот период времени происходит распыливание, смешение и испарение топлива, а также его предпламенные превращения, заканчивающиеся в некоторых частях образованием первичных очагов горения. К началу воспламенения достаточно глубокие химические процессы окисления успевают пройти только в небольшой части топливного заряда. В дальнейшем эти процессы развиваются в условиях высоких темпера-

тур и давлений, обусловленных сгоранием последующих порций топлива.

Во второй стадии происходит распространение турбулентного горения по топливно-воздушной смеси. Вторая стадия начинается с момента самовоспламенения (точка 2) и длится до точки 3. После образования первоначальных очагов воспламенения и начавшегося турбулентного горения возможно образование новых очагов, от которых также распространяется фронт пламени по горючей смеси. Если предпламенная подготовка смеси в первой стадии развилась недостаточно быстро, то к моменту начала воспламенения в камере сгорания накапливается излишне большое количество гетерогенной топливовоздушной смеси и практически одновременно возникает большое количество начальных очагов воспламенения. В этих случаях зона реакции распространяется за счет самоумножения очагов воспламенения - последовательного самовоспламенения предварительно подготовленной горючей смеси. Такое горение обычно приводит к высокой скорости нарастания давления и жесткой работе двигателя.

В третьей стадии происходит догорание рабочей смеси в цилиндре двигателя. Догорание происходит в условиях высоких температур и уменьшенной концентрации паров топлива и воздуха при движении поршня к нижней мертвой точке. В фазе догорания существенное влияние на скорость сгорания оказывает повышенная концентрация продуктов сгорания. От количества смеси, догораемой в третьей стадии и условий зависит полнота сгорания топлива и дымление двигателя.

Работа дизеля при некоторых условиях может быть мягкой или жесткой. Мягкая и жесткая работа двигателя определяется скоростью нарастания давления в камере сгорания на градус поворота коленчатого вала и зависит, главным образом, от периода задержки самовоспламенения (ПЗВ) топлива. Средняя величина жесткости работы современных быстроходных дизелей находится в пределах 0,4...0,5 МПа/град.п.к.в. (в зависимости от степени сжатия). При больших скоростях нарастания давления наблюдается жесткая работа двигателя. ПЗВ топлива оказывает решающее влияние на скорость нарастания давления в камере и зависит при прочих равных условиях от строения и химической активности углеводородов, входящих в состав дизельного топлива. Наибольшим ПЗВ обладают ароматические углеводороды, далее идут изоалканы, нафтены и непредельные углеводороды. Наименьшим ПЗВ обладают алканы нормального строения. ПЗВ уменьшается для углеводородов одинакового строения по мере увеличения их молекулярной массы.

При больших ПЗВ к началу воспламенения в камере сгорания накапливается большое количество смеси, подготовленной к сгоранию, в результате происходит воспламенение больших количеств горючей смеси и чрезмерно быстрое нарастание давления, что при-

водит к жесткой работе дизеля. Наоборот, при слишком малом ПЗВ топливо, впрыскиваемое в камеру сгорания начинает воспламеняться и сгорать не по всему объему, а в непосредственной близости от форсунки. В результате следующие порции топлива будут поступать в атмосферу горячего воздуха, смешанного с продуктами сгорания, что неизбежно приводит к неполному сгоранию, дымлению и потере мощности двигателя за счет неравномерного смесеобразования в объеме камеры сгорания.

На ПЗВ и характер процесса сгорания топлива в дизеле существенное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Действие этих факторов проявляется через изменение режима работы, который в свою очередь влияет на мощность, экономичность и надежность работы дизеля. Увеличение температуры в конце такта сжатия и топлива улучшает характеристики воспламенения и горения. Повышение давления также увеличивает скорость химических превращений. Однако положительное влияние температуры и давления будет оказываться только при условии соблюдения оптимальных параметров распыливания, распределения топлива в камере сгорания и турбулентности среды.

Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля оказывает меньшее влияние на скорость химических превращений по сравнению с карбюраторным двигателем и колеблется в широких пределах, так как регулирование мощности дизеля осуществляется путем изменения подачи топлива. Наддув воздуха вызывает повышение температуры и давления в конце такта сжатия, что приводит к сокращению ПЗВ и увеличению сгорания (рис.2.2).

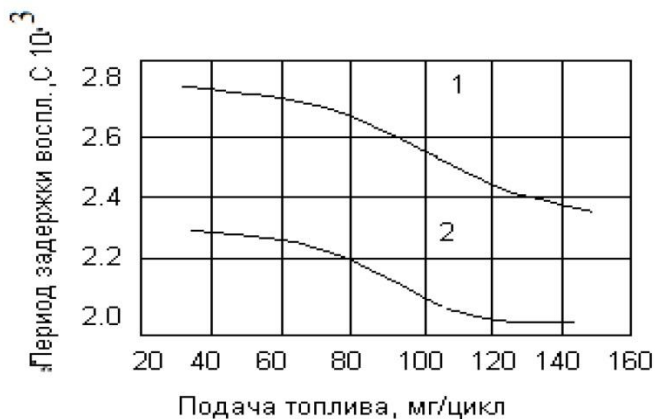


Рис. 2.2. Изменение ПЗВ в зависимости от подачи топлива и давления наддува в дизеле: 1- давление наддува 0,1 МПа; 2 – давление наддува 0,15 МПа

Влияние формы, размера и материала камеры сгорания проявляется главным образом через температурный режим работы двигателя и равномерность распределения топлива по объему камеры сгорания.

Увеличение тонкости распыливания топлива ускоряет скорость испарения капель, однако при этом уменьшается дальность струи, в результате чего происходит неравномерное распределение топлива по объему камеры сгорания.

За счет местного переобогащения смеси химические предпламенные процессы замедляются, что приводит к уменьшению ПЗВ. Лучшим является распыливание, при котором уже первые порции топлива равномерно распределяются по объему камеры сгорания за счет различия масс капель. Такое распыливание увеличивает скорость сгорания и сокращает продолжительность фазы догорания.

Увеличение степени сжатия приводит к увеличению давления, температуры и, следовательно, к уменьшению ПЗВ. В условиях высоких степеней сжатия за счет высоких температур и давлений слабее проявляется влияние химического состава топлива на ПЗВ. Влияние степени сжатия на ПЗВ и скорость нарастания давления показано на рис.2.3.



Рис.2.3. Влияние степени сжатия на ПЗВ и скорость нарастания давления в дизеле: 1 – дизельное топливо; 2 – алканоциклановая фракция дизельного топлива; 3 – ароматическая фракция дизельного топлива

С уменьшением угла опережения впрыска топлива сокращается ПЗВ, так как по мере движения поршня к верхней мертвой точке температура и давление в камере сгорания повышается. Вместе с этим при слишком малом угле опережения впрыска, хотя ПЗВ будет минимальным, однако, сгорание массы топлива перейдет в такт расширения, возникает падение мощности и дымление двигателя за счет уменьшения скорости нарастания давления и увеличения продолжительности фазы догорания (рис. 2.4).

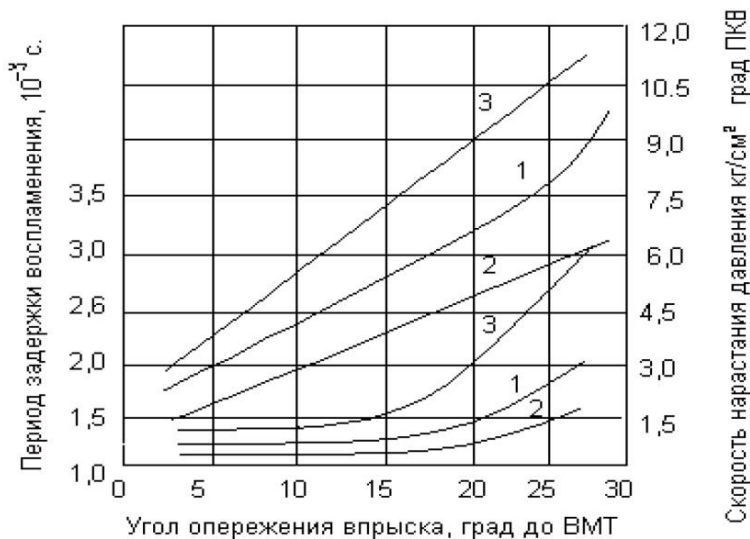


Рис. 2.4. Влияние угла опережения впрыска топлива на период задержки воспламенения и скорость нарастания давления: 1 – дизельное топливо; 2 – алканоциклановая фракция дизельного топлива; 3 – ароматическая фракция дизельного топлива.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя усиливается вихревое движение, повышаются температура и давление воздуха в камере сгорания. В таких условиях ПЗВ и продолжительность горения уменьшаются, в результате чего основная часть топлива успевает сгореть до начала фазы догорания (рис.2.5). Это утверждение справедливо до достижения некоторой частоты вращения коленчатого вала, которая определяется конструкцией двигателя.

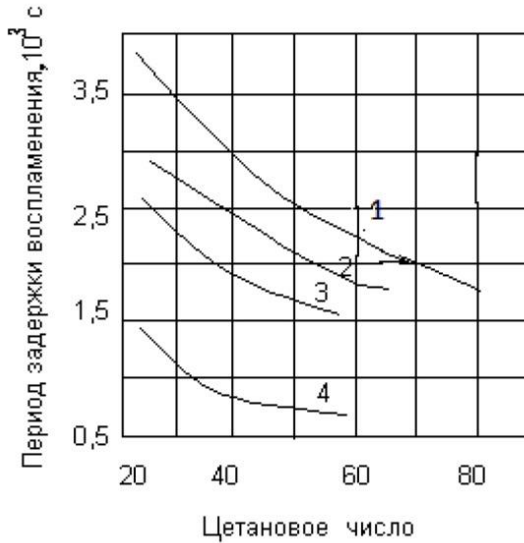


Рис.2.5. Влияние цетанового числа на период задержки воспламенения:

1-четырёхтактный дизель для испытаний топлив при  $E = 16$ ,  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ , температура охлаждающей воды  $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 - то же при  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 3 – двухтактный двигатель при  $E = 16$ ,  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ; 4 - то же при  $E=18$ .

При дальнейшем увеличении частоты вращения коленчатого вала повышение температуры и давления воздуха и соответствующее ускорение предпламенных процессов уже не успевает компенсировать сокращение времени, отводимого на эффективное сгорание топлива, в результате чего все большая часть топлива догорает в третьей стадии, падает эффективная мощность и увеличивается удельный расход топлива.

Таким образом, исходя из особенностей рабочего процесса и условий применения в двигателях, дизельные топлива должны отвечать следующим требованиям:

1) обладать хорошей прокачиваемостью в широком диапазоне температур и обеспечивать надежную, бесперебойную подачу в камеру сгорания в соответствии с заданными характеристиками;

2) иметь оптимальные воспламеняемость и испаряемость, необходимые для легкого запуска и плавной работы двигателя на различных эксплуатационных режимах;

3) не образовывать отложений в системе питания и камере сгорания;

4) быть устойчивыми к окислению в условиях хранения и транспортирования;

5) не вызывать коррозию деталей двигателя, средств хранения, транспортирования и заправки не только соединениями, входящими в состав топлив, но и в состав продуктов сгорания;

6) не быть токсичными и не вызывать загрязнение окружающей среды;

7) иметь широкую сырьевую базу и отработанные технологии производства, а также быть дешевыми.

## 2.2. Марки, состав и применение дизельных топлив

Дизельное топливо — это нефтяная фракция, выкипающая в пределах 175...350 °С, по внешнему виду, представляющая собой прозрачную жидкость от желтого до светло-коричневого цвета.

Дизельные топлива вырабатывают из продуктов прямой перегонки нефти, подвергнутых гидроочистке и депарафинизации, а также смешением этих продуктов с газойлем каталитического крекинга (до 20 % в составе смеси). К топливу допускается добавление присадок.

Ввиду того, что на автомобильной технике наиболее широкое применение нашли быстроходные дизеля ( $n > 1000 \text{ мин}^{-1}$ ) топливо для этих двигателей вырабатывается по ГОСТ 305-82 и в зависимости от температурных условий применения подразделяется на летнее (Л), зимнее (З), арктическое (А).

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида:

- I вид - массовая доля серы не более 0,2 %;

- II вид - массовая доля серы не более 0,5 % (для топлива А не более 0,4 %).

Применяются следующие условные обозначения дизельных топлив:

*летнее* - учитывается содержание серы и температура вспышки в закрытом тигле (Л-0,2-40 ГОСТ 305-82); *зимнее* - учитывается содержание серы и температура застывания (З-0,5 минус 35 ГОСТ 305-82); *арктическое* - учитывается только содержание серы (А-0,4 ГОСТ 305-82).

Марки дизельных топлив:

Л-0,2-40, ГОСТ 305-82; Л-0,2-62, ГОСТ 305-82; З-0,2 минус 35, ГОСТ 305-82;

З-0,2 минус 45, ГОСТ 305-82; А-0,2, ГОСТ 305-82; Л-0,5-40, ГОСТ 305-82;

Л-0,5-62 ГОСТ 305-82; З-0,5 минус 35, ГОСТ 305-82; З-0,5 минус 45, ГОСТ 305-82; А-0,4, ГОСТ 305-82.

Основные характеристики дизельных топлив по ГОСТ 305-82 представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные характеристики дизельных топлив

№ п/п	Наименование показателя	Норма для марки		
		Л	З	А
1	2	3	4	5
1	Цетановое число, не менее	45	45	45
2	Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не ниже	280	280	255
	96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не ниже	360	340	330
3	Кинематическая вязкость, при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
4	Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны: умеренной	минус 10	минус 35	-
	холодной	-	минус 45	минус 55
5	Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны: умеренной	минус 5	минус 25	-
	холодной	-	минус 35	-
6	Температура вспышки, в закрытом тигле, °С, не ниже: для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
	для дизелей общего назначения	40	35	30
7	Массовая доля серы, %, не более: в топливе вида I	0,2	0,2	0,2
	в топливе вида II	0,5	0,5	0,4
8	Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
9	Содержание сероводорода	Отсутствует		
10	Испытание на медной пластине	Выдерживает		
11	Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует		
12	Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	40	30	30
13	Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
14	Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6	6	6
15	Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01

Продолжение таблицы 2.1

№ п/п	Наименование показателя	Норма для марки		
		Л	З	А
1	2	3	4	5
16	Коксуемость 10 % остатка, %, не более	0,30	0,30	0,30
17	Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
18	Содержание механических примесей	Отсутствует		
19	Содержание воды	Отсутствует		
20	Плотность при 20 °С, мг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830

Дизельное топливо Л предназначено для применения на авто-тракторной технике при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше. Дизельное топливо З предназначено для применения на авто-тракторной технике при температуре окружающего воздуха минус 20 °С и выше (температура застывания топлива не выше минус 35 °С) и минус 30 °С и выше (температура застывания топлива не выше минус 45 °С).

Дизельное топливо А предназначено для применения на авто-тракторной технике при температуре окружающего воздуха до минус 50 °С.

В осенне-зимний период готовность техники к эксплуатации во многом определяется наличием в баках низкозастывающих марок дизельных топлив: А-0,2 (04) ГОСТ 305-82, З-0,2(05) минус 45 ГОСТ 305-82 и З-0,2 (05) минус 35 ГОСТ 305-82. В случае их отсутствия возможно использование смесей дизельного топлива с топливами для реактивных двигателей, отвечающих по своим низкотемпературным свойствам требованиям ГОСТ 305-82 к топливам марок З и А.

Применение на военной технике, например, таких топливных смесей разрешено Приказом МО РФ 1992 года № 65, по которому допускается использовать: вместо дизельного топлива А — смесь (в объемных долях) 50 % дизельного топлива З - 0,2 (05) минус 45 и 50 % топлива Т-1 (ТС-1, РТ), вместо дизельного топлива З-0,2 (05) минус 45 смесь (в объемных долях) 50 % дизельного топлива З-0,2 (05) минус 35 и 50 % топлива Т-1 (ТС-1, РТ), вместо дизельного топлива З-0,2 (05) минус 35 — смесь (в объемных долях) 50-60 % дизельного топлива Л и 40-50 % топлива Т-1 (ТС-1, РТ).

Для приготовления топливных смесей используются стандартные дизельные топлива и топлива для реактивных двигателей (Т-1, ТС-1, РТ), качество которых удостоверяется наличием паспорта.

На изделиях автотракторной техники допускается применять в качестве основных марок дизельные топлива Л, З, А с массовой

долей серы до 0,2 % (I вида), а в качестве дублирующих марок дизельные топлива Л, З, А с массовой долей серы до 0,5 % (II вида). Следует отметить, что во всех случаях назначения марок топлив для конкретных двигателей автотракторной техники следует руководствоваться инструкциями по эксплуатации изделий автотракторной техники, а также другими документами, определяющими порядок применения горючего.

Для средне- и малооборотных ( $n < 1000 \text{ мин}^{-1}$ ) дизелей вырабатываются по ГОСТ 1667-68 моторные топлива ДТ и ДМ.

Основные характеристики моторных топлив по ГОСТ 1667-68 представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Характеристики моторных топлив

Наименование показателя	Норма для марки		
	ДТ высший сорт для малосернистого топлива и для сернистого топлива	ДТ первый сорт для малосернистого топлива и для сернистого топлива	ДМ для сернистого топлива
1	2	3	4
1. Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не более	0,930	0,930	0,970
2. Фракционный состав: до 250 °С перегоняется, %, не более	15	15	10
3. Вязкость при 50 °С:			
а) кинематическая, м <sup>2</sup> /с (сСт), не более	20 · 10 <sup>-6</sup> (20)	36 · 10 <sup>-6</sup> (36)	130 · 10 <sup>-6</sup> (130)
б) соответствующая ей условная, в градусах, не более	2,95	5,0	17,4
4. Коксуемость, %, не более	3,0	3,0	9,0
5. Зольность, %, не более	0,02	0,04	0,06

Продолжение таблицы 2.2

Наименование показателя	Норма для марки		
	ДТ высший сорт для малосернистого топлива и для сернистого топлива	ДТ первый сорт для малосернистого топлива и для сернистого топлива	ДМ для сернистого топлива
1	2	3	4
6. Массовая доля серы, %, не более:			
а) в малосернистом топливе	0,5	0,5	-
б) в сернистом топливе	1,5	1,5	2,0
7. Содержание сероводорода	Отсутствует		
8. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует		
9. Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05	0,05	0,1
10. Массовая доля воды, %, не более	0,1	0,5	0,5
11. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	70	65	85
12. Температура застывания, °С, не выше	минус 5	минус 5	10
13. Массовая доля ванадия, %, не более	0,01	0,015	0,01

Дизельное экспортное топливо по ТУ 38.401-58-110-94 — вырабатывают для поставок на экспорт, содержание серы 0,2 %. Исходя из требований к содержанию серы, дизельное экспортное топливо получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества по требованию заказчиков определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято по ГОСТ 305-82). Кроме того, вместо определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10 °С.

Основные характеристики дизельного экспортного топлива представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Основные характеристики дизельного экспортного топлива

Показатели	Норма для марок	
	ДЛЭ	ДЗЭ
Дизельный индекс, не менее	53	53
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:		
50 %	280	280
90 %	340	330
96 %	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	2,7-6,0
Температура, °С:		
застывания, не выше	-10	-35
предельной фильтруемости, не выше	-5	-25
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	60
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:		
вида I	0,2	0,2
вида II	0,3	-
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствует	
Прозрачность при температуре 10 °С	Прозрачно	
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	845

С 1981 г. вырабатывают зимнее дизельное топлива марки ДЗп по ТУ 38.101889-81. Получают его на базе летнего дизельного топлива с температурой помутнения минус 5 °С. Добавка сотых долей депрессорной присадки обеспечивает снижение предельной температуры фильтруемости до минус 15 °С, температуры застывания до минус 30 °С и позволяет использовать летнее дизельное топлива в зимний период времени при температуре до минус 15 °С.

Для применения в районах с холодным климатом при температурах минус 25 и минус 45 °С вырабатывают топлива по ТУ 38.401-58-36-92. Согласно техническим условиям получают две марки топлива: ДЗп-15/-25 (базовое дизельное топливо с температурой помутнения минус 15 °С, товарное — с предельной температурой фильтруемости минус 25 °С) и арктическое дизельное топливо ДАп-35/-45 (базовое топливо с температурой помутнения минус

35 °С, товарное — с предельной температурой фильтруемости минус 45 °С).

Основные характеристики зимних дизельных топлив с депрессорными присадками по ТУ 38.101889-81 представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Основные характеристики зимних дизельных топлив  
с депрессорными присадками

Показатели	Нормы для марок		
	ДЗп	ДЗп-15/-25	ДАп-35/-45
	ТУ 38.101889-81	ТУ 38.401-58-36-92	
1	2	3	4
Цетановое число, не менее	45	45	40
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:			
50 %	280	280	280
90 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	1,8-6,0	1,5-5,0
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> базового топлива, не более	40	-	-
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Йодное число, гI <sub>2</sub> /100 г топлива, не более	6	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,3	0,2	0,2
Коэффициент фильтруемости, не более:			
для базового топлива	2,0	-	-
для топлива с присадкой	3,0	3,0	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0	2,0

Экологически чистое дизельное топливо выпускают по ТУ 38.1011348-89. Технические условия предусматривают выпуск двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) дизельного топлива с содержанием серы до 0,05 % (вид I) и до 0,1 % (вид II).

С учетом ужесточающихся требований по содержанию ароматических углеводородов введена норма по этому показателю: для топлива марки ДЛЭЧ-В — не более 20 %, для топлива марки ДЗЭЧ — не более 10 %. Экологически чистые топлива вырабатывают гидроочисткой дизельного топлива, допускается использование в сырье гидроочистки дистиллятных фракций вторичных процессов.

Основные характеристики экологически чистого дизельного топлива по ТУ 38.1011348-89 представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Основные характеристики экологически чистого дизельного топлива

Показатели	Нормы для марок		
	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
1	2	3	4
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:			
50 %	280	280	280
90 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	3,0-6,0	1,8-5,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	-10	-10	-35
предельной фильтруемости	-5	-5	-25
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	40	40	35
для дизелей общего назначения	62	62	40
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,05	0,05	0,05
вида II	0,1	0,1	0,1
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5,0	5,0	5,0

Продолжение таблицы 2.5

Показатели	Нормы для марок		
	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
1	2	3	4
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствует		
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840
Содержание ароматических углеводородов, %, не более	20	-	10

Городское дизельное топливо по ТУ 38.401-58-170-96 предназначено для использования в г. Москве. Основное отличие городского дизельного топлива от экологически чистого – улучшенное качество благодаря использованию присадок (летом – антидымной, зимой – антидымной и депрессорной). Добавка присадок в городское дизельное топливо снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей на 30-50 %. В качестве антидымной присадки могут быть использованы отечественная ЭФАП-Б и зарубежная Лубризол 8288, допущенная к применению в России. Активным веществом этих продуктов является барий.

Депрессорные присадки, улучшающие низкотемпературные свойства топлива представляют собой в основном сополимеры этилена с винилацетатом зарубежного производства.

Европейский стандарт EN 590 действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996 г. Стандарт предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Городское дизельное топливо по ТУ 38.401-58-170-96 предназначено для использования в г. Москве.

Общими для дизельных топлив являются требования: по температуре вспышки – не ниже 55 °С, содержание серы не более 0,03 %, коксуемости 10 %-ного остатка – не более 0,30 %, зольности – не более 0,01 %, содержанию воды – не более 200 ppm, механических примесей – не более 24 ppm, коррозии медной пластинки – класс 1, устойчивости к окислению – не более 25 г осадка/м<sup>3</sup>.

Основное отличие городского дизельного топлива от экологически чистого – улучшенное качество благодаря использованию присадок (летом – антидымной, зимой – антидымной и депрессорной). Добавка присадок в городское дизельное топливо снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей на 30-50 %. В качестве антидымной присадки могут быть использованы отечественная ЭФАП-Б и зарубежная Лубризол 8288, допущенная к применению в России. Активным веществом этих продуктов является барий.

Депрессорные присадки, улучшающие низкотемпературные свойства топлива представляют собой в основном сополимеры этилена с винилацетатом зарубежного производства.

Европейский стандарт EN 590 действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996 г. Стандарт предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Общими для дизельных топлив являются требования: по температуре вспышки — не ниже 55 °С, содержание серы не более 0,03 %, коксуемости 10 %-ного остатка — не более 0,30 %, зольности — не более 0,01 %, содержанию воды — не более 200 ppm, механических примесей — не более 24 ppm, коррозии медной пластинки — класс 1, устойчивости к окислению — не более 25 г осадка/м<sup>3</sup>.

Основные характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами (городского) по ТУ 38.401-58-170-96 представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Основные характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами (городского)

Показатели	Нормы для марок				
	ДЭК-Л	ДЭК-З	ДЭКп-Л	ДЭКп-З минус 15°С	ДЭКп-З минус 20°С
1	2	3	4	5	6
Цетановое число	49	45	49	45	45
Фракционный состав не выше: 50 %	280	280	280	280	280
96 %	360	340	360	360	360
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	1,8-5,0	3,0-6,0	1,8-6,0	1,8-6,0
Температура, °С, не выше:					
застывания	-10	-35	-10	-25	-35
предельной фильтруемости	-5	-25	-5	-15	-25
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:					
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	62	40	40
для других дизелей	40	35	40	35	35

Продолжение таблицы 2.6

Показатели	Нормы для марок				
	ДЭК-Л	ДЭК-З	ДЭКп-Л	ДЭКп-З минус 15°С	ДЭКп-З минус 20°С
1	2	3	4	5	6
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:					
вида I	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
вида II	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Массовая доля меркаптановой серы, % не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Йодное число, гI <sub>2</sub> /100 г топлива, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Коксуемость 10% остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Коэффициент фильтруемости (до введения присадки), не более	2	2	2	2	2
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> . не более	860	860	860	860	860

*Примечание.* Для дизельных топлив всех марок: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды - отсутствие; испытание на медной пластинке – выдерживают.

Для районов с умеренным климатом изготавливают 6 марок дизельного топлива: А, В, С, D, Е, и Fc предельной температурой фильтруемости плюс 5,0, минус 5, минус 10, минус 15 и минус 20 °С соответственно.

Для районов с холодным климатом предусмотрен выпуск пяти классов дизельного топлива со следующими низкотемпературными свойствами:

Класс	0	1	2	3	4
Температура помутнения, °С, не выше –	-10	-16	-22	-28	-34
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44

В 1996 г. в Европе введены ограничения на содержание серы в дизельных топливах – не более 0,05 %. Таким требованиям отвечают отечественные дизельные топлива по ТУ 38.1011348-89.

### **2.3. Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив**

Наибольшее влияние на полноту и качество сгорания, а, следовательно, на эффективность и надежность использования авто-тракторной техники оказывают следующие эксплуатационные свойства дизельных топлив: прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость, горючесть и совместимость с конструкционными материалами.

**Прокачиваемость** — эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результат процесса прокачки топлива по трубопроводам и топливным системам.

Прокачиваемость дизельных топлив характеризуется такими показателями качества, как вязкость, коэффициент фильтруемости, содержание механических примесей и воды, температуры помутнения и застывания.

**Коэффициент фильтруемости** позволяет определять изменение пропускной способности фильтра при последовательном пропускании через него определенного количества топлива. Величина коэффициента фильтруемости зависит от содержания механических примесей, воды, натриевых мыл нафтеновых кислот и смолистых продуктов окисления.

Норма на коэффициент фильтруемости дизельного топлива позволяет ограничить содержание всех загрязнений и поверхностно-активных веществ, вызывающих закупорку пор фильтров и мешающих работе топливной аппаратуры дизеля.

**Вязкость.** В современных дизелях топливо к форсункам подают и дозируют насосы плунжерного типа. Гильза и плунжер являются прецизионной парой с диаметральной зазором 0,002...0,003 мм. Вязкость топлив должна быть такой, чтобы обеспечить минимальное подтекание топлива через зазоры и смазку прецизионных пар топливного насоса. Это ограничивает минимально допустимый уровень вязкости топлив.

Топлива с высоким уровнем вязкости обычно имеют плохие низкотемпературные свойства, и их применение при отрицательных температурах вызывает осложнения при подаче топлива в двигатель.

Кроме того, вязкость влияет на распыливание топлива в камере сгорания (рис. 2.6).

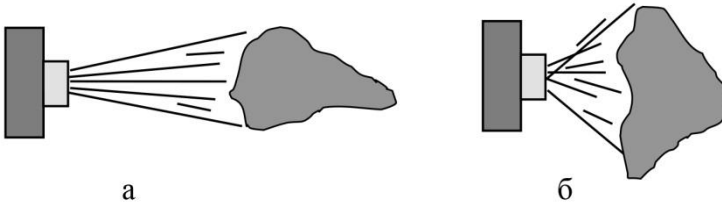


Рис. 2.6. Схема факела распыливания топлива:

а - при повышенной вязкости топлива; б - при малой вязкости топлива

О качестве распыливания принято судить по среднему диаметру образующихся капель. При повышении вязкости топлива качество распыливания его ухудшается, но увеличивается глубина проникновения капель в среду сжатого воздуха. Если вязкость сильно возрастет, то для обеспечения поршневого распыливания необходимо увеличивать давление впрыскивания. Считается, что изменение вязкости в пределах от 3 до 8 мм<sup>2</sup>/с не требует регулирования топливного насоса. С точки зрения улучшения прокачиваемости и распыливания желательно было бы использовать топливо пониженной вязкости. Однако понижение вязкости ведет к понижению коэффициента подачи топлива в камеру сгорания, и как следствие - к падению мощности.

Коэффициент подачи топлива определяется из соотношения

$$K_n = \frac{V_n}{V_H}, \quad (2.1)$$

где  $K_n$  — коэффициент подачи;  
 $V_n$  — объем фактически поданного топлива;  
 $V_H$  — объем нагнетательной полости насоса.

С увеличением вязкости топлива коэффициент подачи возрастает (рис. 2.7).

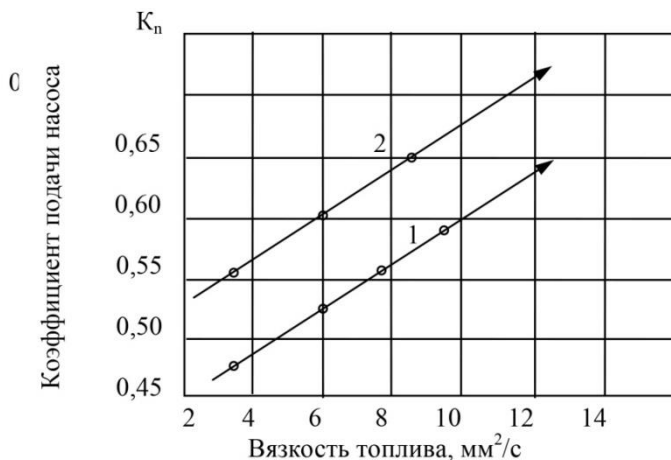


Рис. 2.7. Зависимость коэффициента подачи топливного насоса  $K_n$  от вязкости топлива  $\nu$ : 1 — при  $n = 100 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 — при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Из сказанного следует, что для быстроходных дизелей топливо должно обладать определенной (оптимальной) вязкостью, которая лежит в пределах от 1,5 до 6,0 мм<sup>2</sup>/с в зависимости от марки.

**Содержание механических примесей и воды.** Топливная аппаратура современных дизелей предъявляет высокие требования к чистоте применяемых топлив. В них не должно содержаться механических примесей и воды.

Наличие в дизельных топливах механических примесей ведет не только к забиванию топливных фильтров, но и к форсированному износу топливного насоса, засорению форсунок.

Наличие воды в дизельном топливе может являться причиной затруднений при пуске, нарушений подачи в цилиндры и т.п. В холодное время года в результате замерзания находящейся в топливе воды топливная аппаратура забивается кристаллами льда, что ведет к перебоям в работе или остановке двигателя. Кроме того, при работе на обводненном топливе может снижаться прочность фильтрующих перегородок фильтров, а также возникать коррозия деталей топливной аппаратуры.

Вода в топливе способствует также его микробиологическому заражению, а появившиеся в результате этого микроорганизмы вызывают биологическую коррозию металлов, разрушают защитные покрытия, ухудшают качество из-за частичного разложения.

**Температура помутнения.** При понижении температуры наружного воздуха может быть нарушена нормальная подача дизельного топлива по системе питания двигателя на участке бак-насос

высокого давления. Такое нарушение и даже полное прекращение подачи неизбежно наступают вследствие кристаллизации высокоплавких углеводородов, в первую очередь нормальных парафинов.

При этом топливо не теряет текучесть, в то же время микрокристаллы проникают только через фильтр грубой очистки. Они, задерживаясь на фильтрующем элементе в фильтре тонкой очистки, образуют непроницаемую для топлива пленку высокоплавких углеводородов, в результате чего подача топлива прекращается. Чаще всего это проявляется при пуске и прогреве дизеля, так как в подкапотном пространстве на какой-то период еще сохраняется низкая температура.

Бесперебойная подача обеспечивается при температуре помутнения топлива не менее чем на  $5^{\circ}\text{C}$  ниже температуры окружающей среды.

**Температура застывания** — это наивысшая температура, при которой дизельное топливо в стандартном приборе, наклоненном под углом  $45^{\circ}\text{C}$ , в течение 1 мин. остается неподвижным. Перемешивая застывшее топливо, можно разрушить кристаллическую структуру. Однако текучесть восстанавливается только на короткое время, после чего топливо вновь застывает. Нормальная работа дизеля возможна в условиях, когда температура застывания будет не менее чем на  $15^{\circ}\text{C}$  ниже температуры окружающей среды.

**Испаряемость.** Испарение топлива в дизелях начинается сразу после его впрыска в камеру сгорания и продолжается до сгорания последних порций топлива. Весь процесс испарения топлива и образование рабочей смеси происходит непосредственно в цилиндре двигателя за очень короткий промежуток времени (тысячные доли секунды). На приготовление рабочей смеси в дизеле отводится в 10 раз меньше времени, чем в бензиновом двигателе.

Испаряемость характеризуется таким основным показателем качества, как температурная характеристика фракционного состава, в частности температурами выкипания 50 и 96 % фракций.

Испаряемость оказывает влияние на легкость и продолжительность запуска холодного двигателя, на скорость и теплоту сгорания топлива в цилиндре дизеля и, в конечном счете, на эффективность рабочего процесса.

Облегчение фракционного состава может приводить к образованию паровых пробок в системе питания, жесткой работе двигателя, затруднению пуска и прогрева из-за увеличения теплоты испарения топливовоздушной смеси и снижения температуры в камере сгорания, возрастанию периода задержки воспламенения. В то же время для производства топлив, состоящих примерно из 40 % бензиновых фракций и 60 % стандартного дизельного топлива, требуются меньшие объемы процессов гидроочистки и депарафинизации, чем при производстве обычного дизельного топлива с таким же содержанием серы и с той же температурой застывания. Себестоимость такого

топлива ниже себестоимости бензинов на 20...25 % и ниже себестоимости гидроочищенного дизельного топлива на 15...20 %.

Утяжеление фракционного состава топлива приведет к неполному его испарению в процессе смесеобразования, в результате чего запуск холодного двигателя, особенно при отрицательных температурах, затрудняется. Даже прогретый быстроходный двигатель при работе на тяжелом топливе не развивает максимальную мощность и дымит из-за неполного сгорания топлива.

Не воспламенившиеся тяжелые фракции топлива стекают по стенкам цилиндра и смывают масло, увеличивают износ деталей цилиндра поршневой группы и вызывают разжижение масла в картере двигателя.

Процессы испарения и смесеобразования в дизеле, кроме температурного предела фракционного состава, зависят от таких свойств топлива, как вязкость, плотность, давление насыщенных паров, поверхностное натяжение, скрытая теплота испарения, теплоемкость, коэффициент диффузии.

**Воспламеняемость и горючесть.** Воспламеняемость и горючесть дизельных топлив характеризуются воспламеняемостью при адиабатическом сжатии воздуха в двигателе и протеканием процесса сгорания после воспламенения.

Одним из показателей, характеризующих воспламеняемость дизельных топлив, является **температура вспышки** — самая низкая температура топлива (в стандартных условиях), при которой над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для дальнейшего горения.

Температуру вспышки нормируют для ограничения количества фракций в дизельном топливе с более высоким давлением насыщенных паров. Этот показатель служит главным образом для оценки пожаровзрывоопасности, что необходимо для правильной организации хранения дизельных топлив.

Согласно ГОСТ 305-82 предусматривается выпуск топлив с температурой вспышки не ниже 40 °С — для дизелей общего назначения и не ниже 62°С — для тепловозных и судовых дизелей.

Основным показателем, характеризующим воспламеняемость и эффективность сгорания дизельного топлива в двигателе, является **цетановое число** — условная величина, численно равная процентному (по объему) содержанию цетана (н-гексадекана) в смеси его с альфа-метил-нафталином, которая по самовоспламеняемости эквивалентна испытываемому топливу в стандартных условиях испытаний.

Цетановое число определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработавших газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления (рис. 2.8) и тем менее жестко работает дизель.

Однако с повышением цетанового числа сверх оптимального, ухудшается экономичность дизеля в среднем на 0,2...0,3 % и повышается дымность отработавших газов, на единицу цетанового числа повышается на 1,0...1,5 единицы картриджа.

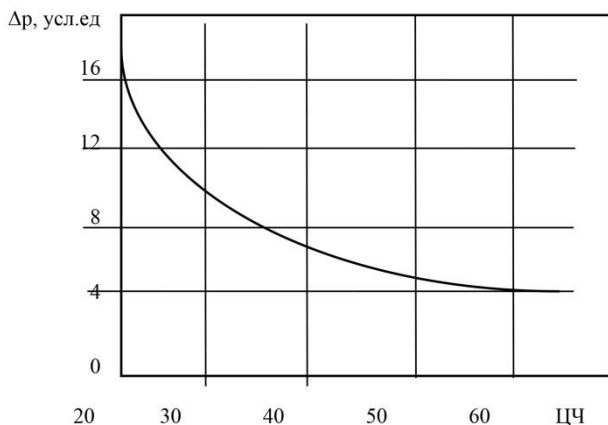


Рис. 2.8. Зависимость скорости нарастания давления  $\Delta p$  в дизеле от цетанового числа (ЦЧ)

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, а самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов. Остальные углеводороды занимают промежуточное состояние.

Цетановое число дизельных топлив, выпускаемых отечественной промышленностью, установлено не ниже 45. Применение топлив с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе дизеля, а более 50 — к увеличению удельного расхода топлива вследствие уменьшения полноты сгорания.

**Совместимость с конструкционными материалами.** Для обеспечения длительной надежной эксплуатации двигателей дизельные топлива не должны химически взаимодействовать с деталями топливной аппаратуры и уплотнительно-прокладочными материалами.

Коррозионная активность дизельных топлив зависит главным образом от содержания и строения углеродсодержащих примесей. Общее содержание таких примесей, влияющих на коррозионную агрессивность (кислородные и сероорганические соединения), в дизельных топливах в 3...5 раз больше, чем в автомобильных бензинах.

Среди кислородных соединений преобладают органические (нафтеновые) кислоты и другие кислородсодержащие вещества, попадающие в топливо из нефти в процессе прямой перегонки и обра-

зующиеся в процессе хранения. Однако следует иметь в виду, что скорость образования органических кислот без доступа свежего воздуха в условиях температур до 50 °С невелика, и при соблюдении правил хранения содержание органических кислот в дизельном топливе не превышает допустимых значений в течение всего установленного срока хранения.

Коррозионное действие серы и сернистых соединений проявляется в жидких и газообразных продуктах сгорания.

В жидкой фазе наиболее агрессивны сероводород, сера и меркаптаны. Сероводород корродирует цинк, железо, медь, латунь и алюминий, однако, современные технологические процессы обеспечивают полное удаление сероводорода из дизельного топлива. Сера, если она имеется в свободном состоянии в топливе, почти мгновенно взаимодействует с медью и ее сплавами, образуя сульфиды, вследствие чего наряду с коррозией металла, приводящей к потере его массы, наблюдается образование отложений на металле. Меркаптаны вызывают износ топливной аппаратуры, причем в присутствии воды коррозионное действие усиливается.

Коррозионная активность сернистых соединений в продуктах сгорания проявляется за счет кислотной и газовой коррозии. При сгорании сернистые соединения образуют оксиды  $SO_2$  и  $SO_3$ . При высокой температуре  $SO_2$  и  $SO_3$  взаимодействуют с металлом в газообразном состоянии, а при понижении температуры — за счет взаимодействия с парами и каплями воды в виде  $H_2SO_3$  и  $H_2SO_4$  вызывают кислотную коррозию.

Совместимость с материалами оценивается следующими показателями качества: массовой долей серы; содержанием сероводорода; содержанием водорастворимых кислот и щелочей; кислотностью; испытанием на медной пластинке.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое период задержки воспламенения и как он влияет на работу дизельного двигателя?
2. Назовите требования к дизельному топливу, исходя из условий применения дизельных двигателей.
3. Что такое дизельное топливо?
4. Какие марки дизельных топлив производятся в России?
5. С какой целью в дизельные топлива добавляют депрессорную присадку?
6. Какие присадки добавляются в дизельные топлива для улучшения их эксплуатационных свойств?
7. Назовите основные требования Европейского стандарта EN 590 к дизельным топливам.
8. Назовите основные отличия дизельных топлив марок ДЛЭЧ и ДЗЭЧ от топлив марок ДЛ, Л, З, ДЗ.

9. Что такое цетановое число и как оно влияет на работу дизельного двигателя?

10. От каких показателей качества дизельных топлив зависят их основные эксплуатационные свойства?

## ГЛАВА 3. ГАЗОТУРБИННЫЕ ТОПЛИВА

### 3.1. Газотурбинные топлива. Назначение, условия применения и требования к качеству.

Газотурбинные топлива предназначены для транспортных и стационарных газовых турбин. Газовые турбины используются в качестве энергетических установок транспортных машин: речных и морских судах, локомотивах, автомобилях, а также на стационарных и передвижных электростанциях, на газо- и нефтеперекачивающих станциях в качестве приводов насосов, компрессоров и других агрегатов.

Применение газотурбинных двигателей (ГТД), например, для боевых и транспортных машин непрерывно расширяется. Так танк Т-80У оснащен ГТД мощностью 1400 л.с., в ВМФ ракетные катера на подводных крыльях типа «Сокол» имеют газовые турбины мощностью 40000 л.с., пограничные катера типа «Антарес» оснащены ГТД мощностью 20000 л.с., которые позволяют им развить скорость до 50 узлов (около 92,6 км/ч). Стремление к применению газотурбинных двигателей для стационарных и транспортных установок объясняется существенным преимуществом их перед другими энергетическими установками: возможность получения больших мощностей в одном агрегате с малыми габаритами и небольшой массой на единицу мощности, простота конструкции, меньшие затраты времени на монтаж и демонтаж установки и легкость обслуживания, готовность к немедленному вводу в действие, быстрый запуск установки и гибкость в отношении нагрузки и т. д.

Для ГТД может применяться пылевидное, твердое (включая торф и пылевидный уголь), жидкое (от бензина до мазута) и газообразное (природные и промышленные газы) топливо. Транспортные газотурбинные установки (ГТУ) работают на жидком топливе. Сгорание топлива (подвод теплоты) совершается при постоянном давлении в специальных камерах сгорания. Теплота отводится от рабочего тела (продуктов сгорания) также при постоянном давлении в результате охлаждения отработавших газов в атмосфере.

Принципиальная схема простейшего ГТД показана на рис. 3.1, а его рабочий процесс в системе координат «объем-давление» на рис. 3.2. В компрессор 1 (см. рис. 3.1) засасывается воздух из атмосферы. Его начальное состояние определяется точкой  $d$  на рис. 3.2. В компрессоре воздух подвергается сжатию от начального давления  $P_1$  до конечного давления  $P_2$ . Конец сжатия определяется точкой  $C$ . Воздух поступает в камеру сгорания 2, куда одновременно подается топливо, сгорающее там при постоянном давлении. Сгорание топлива изображается на диаграмме линией постоянного давления  $CZ$ . Продукты сгорания расширяются в газовой турбине 3, (рис. 3.1), что изображается на рис. 3.2 линией  $Zl$ .

Часть энергии, развиваемой в турбине, расходуется на привод компрессора, а остальная энергия используется по основному назначению, например, на привод электрического генератора 4. Продукты сгорания охлаждаются в атмосфере при постоянном давлении, что изображается на диаграмме линией  $ld$ .

По характеру осуществления рабочего процесса ГТД аналогичен турбореактивным двигателям, но имеют некоторые особенности.

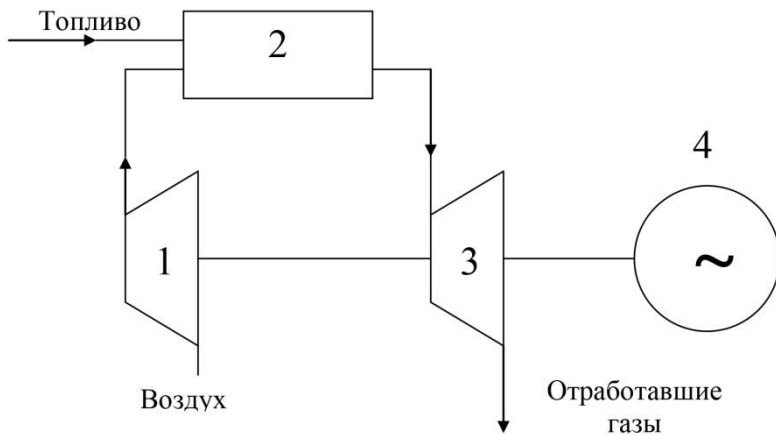


Рис. 3.1. Схема простейшего ГТД:

1 – компрессор; 2 – камера сгорания; 3 – газовая турбина; 4 – привод электрического генератора

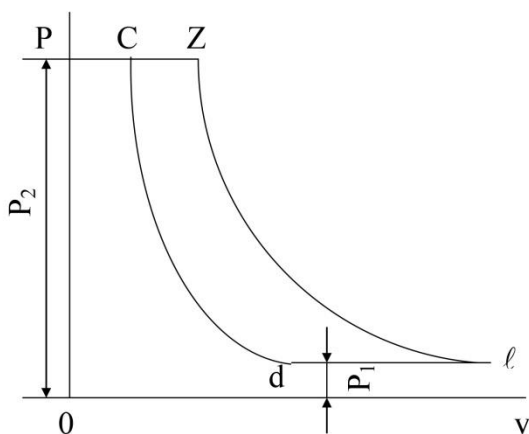


Рис. 3.2.. Рабочий процесс ГТД

Подача более тяжелого и вязкого топлива по сравнению с реактивным вызывает необходимость проведения дополнительных мероприятий для повышения надежности топливоподающей и распыливающей аппаратуры, камер сгорания и газовой турбины.

Камеры сгорания работают при меньшей тепловой напряженности, процессы смесеобразования и сгорания развиваются с меньшей скоростью.

Для эффективного сжигания в ГТД тяжелых остаточных топлив конструируются специальные камеры сгорания.

На ГТД применяются топливо для реактивных двигателей и дизельное топливо.

Для стационарных и транспортных (водный и железнодорожный транспорт) ГТД экономически наиболее выгодно применять дешевые и допустимые остаточные топлива – мазуты, в особенности, получаемые из сернистых нефтей. Использование мазутов для судовых установок означает, кроме того, возможность эксплуатации паросиловых и газовых турбин на едином топливе.

Для обеспечения надежной эксплуатации ГТД и создания нормальных условий для перекачки, транспортировки и хранения газотурбинное топливо должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- обладать хорошей прокачиваемостью, обеспечивающей бесперебойную подачу топлива к форсункам, перекачку и транспортировку;
- надежно воспламеняться, устойчиво и полно сгорать при различных коэффициентах избытка воздуха;
- не давать больших отложений на стенках камеры сгорания, форсунках, в проточной части турбины и в регенераторах;
- не вызывать коррозии деталей топливной системы, газовой: турбины и средств перекачки, транспортировки и хранения;
- не образовывать смолистых веществ и осадков при хранении и нагреве.

### **3.2. Марки, состав и применение газотурбинных топлив**

Фактически сорт топлива для газовых турбин выбирают в зависимости от назначения турбин, их конструкции (особенно камеры сгорания), требуемой температуры газов на входе в турбину и других условий.

**Топливо нефтяное для газотурбинных установок (ГОСТ 10433)** предназначено для стационарных газотурбинных парогазовых энергетических установок и газотурбинных установок водного транспорта. Его получают из дистиллятов прямой перегонки нефти и вторичных процессов. Выпускают две марки:

А – для энергетических ГТУ, работающих в пиковом режиме;

Б – для судовых и других энергетических газотурбинных установок (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристики топлива для газотурбинных установок (ГОСТ 10433)

Показатели	Марка топлива	
	А	Б
1	2	3
Условная вязкость при 50 °С, °ВУ, не более	1,6	3,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39800	39800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Массовая доля, %, не более:		
ванадия	0,00005	0,0004
суммы натрия и калия	0,0002	-
кальция	0,0004	-
серы	1,8	2,5
механических примесей	0,02	0,03
воды	0,1	0,5
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	62
застывания, не выше	5	5
Йодное число, гI <sub>2</sub> /100 г топлива, не более	-	45
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не выше	-	935
Массовая доля свинца	Отсутст. или ≤ 0,0001 %	

*Примечание.* Для топлив марок А и Б содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей – отсутствие.

### 3.3. Эксплуатационные свойства газотурбинных топлив

**Прокачиваемость.** Подача и распыливание газотурбинного топлива в основном зависит от вязкости, поверхностного натяжения, а также от содержания воды и механических примесей.

Зависимость вязкости газотурбинных топлив от температуры приведена на рис. 3.3.

Вязкость дистиллятных топлив для газотурбинных двигателей при температуре выше 50 °С приближается к вязкости дизельного топлива, а при температуре 20 °С и ниже их вязкость резко увеличивается.

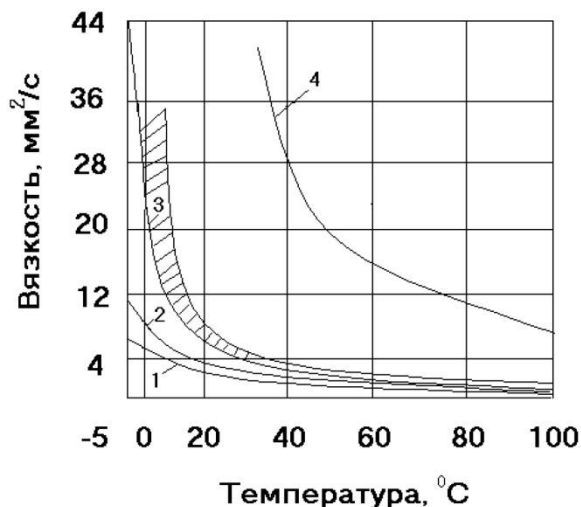


Рис. 3.3. Зависимость вязкости газотурбинных топлив от температуры: 1 – легкое дистиллятное топливо; 2 – дизельное топливо ДС; 3 – тяжелое дистиллятное топливо; 4 – остаточное топливо.

Остаточные непарафинистые топлива прямой перегонки из малосернистых нефтей имеют сравнительно невысокую вязкость даже при температуре около 0 °С. Вязкость малопарафинистых остаточных (продуктов крекинга) при тех же температурах значительно выше. Еще большую вязкость имеют остаточные топлива из сернистых нефтей, содержащие большое количество высокоплавких парафинов и смолистых веществ. Для обеспечения нормальной перекачки, слива и налива остаточные топлива необходимо подогревать до 40...80 °С.

Дистиллятные газотурбинные топлива обводняются в значительно большей степени, чем реактивные и дизельные. Вода из этих топлив отделяется значительно медленнее вследствие большего содержания смолистых веществ эмульгаторов. Влияние воды на прокачиваемость топлив сказывается при низких температурах, когда она превращается в лед, а также при нагреве топлива до 100 °С и выше, когда она превращается в пар, способный образовать пробки в топливной системе.

Механические примеси засоряют топливную аппаратуру, фильтры и форсунки. Примеси абразивного характера (песок и т.п.) вызывают износы деталей насосов и форсунок.

В дистиллятных газотурбинных топливах содержание абразивных механических примесей не должно превышать 0,04 %, в остаточных топливах типа флотского мазута допускается содержание

их до 0,1 %. В топливах для стационарных ГТУ, представляющих собой смеси дистиллятов и вязких продуктов каталитического крекинга, содержание механических примесей может достигать 0,1 – 0,15 %. Механические примеси удаляются путем последовательной фильтрации топлива через фильтры грубой и тонкой очистки.

**Воспламеняемость и горючесть.** Полнота сгорания газотурбинного топлива определяется в основном процессом смесеобразования, скорость которого лимитируется качеством распыливания. Для дистиллятных топлив не наблюдается особых затруднений в распыливании при подогреве их до 50...80 °С.

Наибольшие трудности наблюдаются при распыливании остаточных топлив. Удовлетворительное распыливание их достигается с помощью форсунок с вихреобразными распылителями. Недостаточная степень распыливания приводит к неполному испарению и сгоранию топлив. Несгоревшее топливо образует частицы кокса, которые попадают в проточную часть турбины и частично отлагаются на регистрах, торце форсунки и стенках жаровой трубы.

Для обеспечения необходимой степени распыливания вязкость газотурбинных топлив должна быть в пределах 12...35 мм<sup>2</sup>/с при 50 °С. Поскольку остаточные топлива имеют большую вязкость, то их подогревают. Подогрев производят в две ступени. Вначале для улучшения прокачиваемости топливо подогревают водяным паром в расходном баке до 60...80 °С, где отделяются вода и механические примеси. Затем топливо подогревают в специальных подогревателях отработавшими газами до 120...140 °С.

В газотурбинных топливах содержится довольно большое количество смолисто-асфальтеновых веществ, которые повышают поверхностное натяжение топлив и ухудшают качество их распыливания. Содержание смолистых веществ возрастает с утяжелением фракционного состава топлив.

**Склонность к зольным отложениям.** При сжигании топлив в ГТУ, особенно содержащих остаточные продукты, в проточной части турбин, на наружных поверхностях воздухо- и мазутоподогревателей образуются плотные и очень прочные зольные отложения, которые приводят к снижению мощности и экономичности установок. Практика эксплуатации газотурбинных установок на сернистом мазуте показывает, что при толщине слоя зольных отложений в 2 мм, образовавшихся на лопатках турбины за 10...12 часов работы, мощность установки снижается на 15...20 %. Накопление зольных отложений вызывает необходимость периодической очистки лопаток и полостей газовой турбины обычно через 300...400 часов работы.

Причины образования зольных отложений в ГТУ обуславливаются наличием в топливах органических и неорганических соединений металлов и смолистых веществ, а также образованием твердых продуктов неполного сгорания топлива. Количество и состав зольных отложений в большой степени зависит от зольности сжигаемого

топлива, вида золообразующих веществ и условий его сжигания (рис. 3.4).

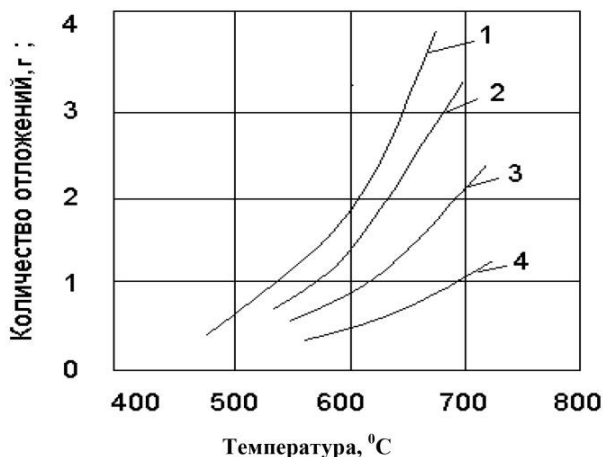


Рис.3.4. Зависимость количества зольных отложений от состава топлив и температуры: 1 – жидкое тяжелое топливо; 2 – то же топливо, разбавленное дистиллятом в соотношении 2:1; 3 – то же, в соотношении 1:1; 4 – то же, в соотношении 1:4 (сжигание на экспериментальной установке).

Топлива более легкого фракционного состава, имеющие меньшую зольность, дают меньше зольных отложений. При утяжелении фракционного состава и повышении зольности топлив количество отложений возрастает. Зольность дистиллятных газотурбинных топлив обычно находится в пределах 0,01...0,05 % флотского мазута – не превышает 0,1 %, а остаточных топлив может достигать 0,5%.

Вещества, образующие зольные отложения, содержатся в топливе или в виде растворов металлоорганических соединений (солей органических, в основном нафтяных, кислот натрия, кальция, магния, железа, никеля и алюминия), или в виде суспензий минеральных солей, например,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ , и эмульсий водных растворов этих солей, или в виде органических сернистых соединений.

В камере сгорания газотурбинных установок золаобразующие вещества превращаются в окислы, хлориды или сульфаты металлов. Образование последних находится в прямой зависимости от содержания сернистых соединений в топливе. При температуре 1600...1800 °C соли, и в первую очередь сульфат и пиросульфат натрия, расплавляются. При попадании в полость газовой турбины,

где температура снижается до 600...700 °С, соли затвердевают, шлакуются и оседают частично на лопатках газовой турбины, а главным образом на нагревательных поверхностях теплообменников и подогревателей воздуха.

Особые затруднения вызывают содержащиеся в остаточных топливах соединения ванадия, которые при сгорании превращаются в пятиокись ванадия ( $V_2O_5$ ), и ванадаты металлов, имеющие температуру плавления в пределах 600...900 °С, т.е. близкую к рабочей температуре полостей газовых турбин. При этой температуре пятиокись ванадия и ванадаты металлов находятся в полужидком состоянии и отлагаются на лопатках турбины и на поверхностях других деталей. Обладая большой липкостью, пятиокись ванадия задерживает и связывает другие зольные элементы.

Превращение ванадия в пятиокись проходит через низшие окислы ( $V_2O_3$  и  $V_2O_4$ ), имеющие более высокие температуры плавления (1970 °С и 1967 °С). При определенных условиях эти соединения могут не окисляться в  $V_2O_5$  и пройти через проточную часть турбины в виде твердых частиц вместе с другими составляющими золы.

Ванадий в нефтях и в топливах содержится в составе азотистых высокомолекулярных металлоорганических комплексных соединений (порфиринов). Наибольшее количество ванадия содержат высокосмолистые, высокосернистые нефти. Малосмолистые и малосернистые нефти содержат ванадий в количестве не более  $6 \cdot 10^{-5}$  %. В сернистых нефтях восточных районов России содержание ванадия достигает 0,01 %.

Содержание ванадия в газотурбинных топливах зависит от их фракционного состава. В дистиллятных топливах ванадий содержится в небольших количествах, в остаточных топливах его значительно больше (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Содержание ванадия в газотурбинных топливах

Вид и происхождение топлива	Содержание ванадия в %, не более
Легкое дистиллятное из малосернистых нефтей	0,0003
Тяжелое дистиллятное из сернистых нефтей	0,0007
Мазут Ф-12 из малосернистых нефтей	0,0005
Мазут прямой перегонки из сернистых нефтей	0,007
Крекинг-мазут из сернистых нефтей	0,01
Мазут топочный	0,01
Крекинг-остаток	0,02

Склонность к зольным отложениям снижается при введении в топливо присадок и удалении из него золообразующих веществ путем деасфальтизации, промывки или фильтрации.

Присадки, уменьшающие количество зольных отложений, повышают температуру плавления золообразующих веществ и тогда последние проходят рабочую полость турбины и теплообменника в виде мелких твердых частиц, не оседая на их поверхностях. В качестве присадок такого типа обычно применяют окислы и соли магния ( $MgO$ ,  $MgSO_4$ ), а также каолин ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), монтмориллонит и другие силикаты.

При сгорании тяжелых топлив содержащиеся в них золообразующие вещества в присутствии этих присадок образуют сульфаты, хлориды и ванадаты металлов, которые имеют температуру плавления 1800...2000 °С.

При промывке топлив извлекаются водорастворимые золообразующие вещества ( $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ). Промывка позволяет в 8...10 раз снизить содержание в топливе водорастворимых золообразующих веществ и значительно уменьшить количество зольных отложений на деталях ГТУ.

#### **Совместимость с конструкционными материалами.**

Совместимость с конструкционными материалами газотурбинных топлив в основном обуславливается наличием в них сернистых соединений и соединений ванадия.

Процесс коррозии деталей ГТУ продуктами сгорания топлив, содержащих сернистые соединения, аналогичен процессу коррозии других двигателей. Этот вид коррозии характерен для деталей газотурбинных установок, имеющих температуру ниже точки росы, т.е. 130...200 °С. Такую температуру имеют поверхности топливоподогревателей и частично воздухоподогревателей. Для избежания конденсации продуктов сгорания и образования сернистой и серной кислот иногда повышают температуру обработавших газов на выпуске.

Содержание сернистых соединений в газотурбинных топливах зависит от качества сырья и фракционного состава топлив (табл.3.3).

Таблица 3.3  
Содержание серы в газотурбинных топливах

Вид и происхождение топлива	Содержание серы в %, не более
Легкое дистиллятное из малосернистых нефтей	0,5
Дистиллятное маловязкое для стационарных ГТУ	3,0
Тяжелое дистиллятное из сернистых нефтей	0,5
Дистиллятное вязкое для стационарных ГТУ	1,0
Мазут Ф-12 из малосернистых нефтей	0,8

Для предотвращения коррозии топливной аппаратуры при эксплуатации ГТУ и при их временной остановке в топливо вводят присадки — ингибиторы коррозии. В качестве ингибиторов, снижающих коррозию в этих условиях, могут быть использованы кальциевые соли сульфокислот, сульфокислоты, нейтрализованные мочевиной, и некоторые другие вещества.

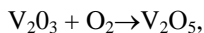
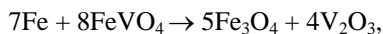
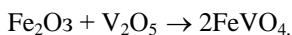
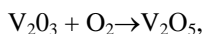
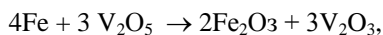
Для нейтрализации сернистых газов в продуктах сгорания топлив применяют аммиак, соли аммония, нитраты и карбонаты щелочных металлов, нафтенаты металлов и органические фосфиты.

Процесс коррозии ряда деталей газотурбинных установок протекает под слоем зольных отложений и особенно усиливается при температуре выше  $650^{\circ}\text{C}$ . Причиной коррозии деталей ГТУ в этом случае являются содержащиеся в топливе соединения ванадия и натрия.

Сгорание топлива в газовых турбинах, протекающее в условиях большого избытка воздуха, способствует образованию высшего окисла ванадия ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). Пятиокись ванадия при высоких температурах реагирует с солями и окисью натрия, образуя легкоплавкие ванадаты натрия  $\text{NaVO}_3$  и  $\text{Na}_4\text{V}_2\text{O}_7$  (температура плавления около  $650^{\circ}\text{C}$ ).

Механизм ванадиевой коррозии заключается в том, что пятиокись ванадия и ее соединения с натрием являются переносчиками кислорода и ускоряют окисление металлов. Промежуточными продуктами окисления являются перекиси ванадия и его производных.

При контакте железа с пятиокисью ванадия в газовой среде, содержащей кислород, протекают следующие реакции:



Пятиокись ванадия оказывает каталитическое действие только в том случае, если она находится в расплавленном или размягченном состоянии. Это, очевидно, связано с тем, что в жидком состоянии пятиокись ванадия растворяет окисную пленку на поверхности металла (сплава). В процессе растворения, идущего одновременно с окислительно-восстановительными реакциями, возникают зоны пересыщенного раствора, из которых в виде избыточной фазы выпада-

ют ванадаты и, находясь в контакте с металлами, реагируют с ними и образуют окислы металлов. В результате ванадиевой коррозии на поверхности металлов образуется пористый слой, через который сравнительно легко проникают кислород и жидкая пятиокись ванадия. Таким образом, обеспечивается постоянный контакт реагирующих веществ на границе металл—окисел.

Ванадиевая коррозия приводит к межкристаллитному разрушению металла. Она возникает при температуре 650 °С и содержании ванадия в топливе в количестве 0,001 % и более. При увеличении содержания ванадия в топливе снижается температура, при которой возникает коррозия.

Процесс коррозии усиливается при одновременном присутствии в золе соединений натрия и ванадия и зависит от их соотношения.

В настоящее время ведутся разработки металлических сплавов, обладающих достаточной устойчивостью против ванадиевой коррозии. Сплавы на никелевой основе в меньшей степени подвержены коррозии, чем на железной и кобальтовой. При содержании в сплавах молибдена резко понижается их стойкость против ванадиевой коррозии.

Ванадиевую коррозию сплавов можно уменьшить путем специального покрытия их поверхностей или введения в топливо антикоррозионных присадок. В качестве ингибиторов коррозии могут быть использованы окислы и сульфаты металлов (Са, Mg, Zn, Pb, Cd), силикаты и некоторые другие вещества. Наибольший эффект дают такие присадки, как окись и сульфат магния, аммиак и растворимая в топливе магниевая соль окисленного петролатума. Наиболее эффективны магниевые соли синтетических жирных кислот (СЖК); несколько уступают им соли окисленного петролатума (ОП), нафтенат магния. Соли СЖК, и ОП практически полностью устраняют коррозию железных и никелевых сплавов, аммиак не получил применения.

Присадки, снижающие ванадиевую коррозию или продукты их превращения, реагируют в зоне высоких температур с пятиокисью ванадия и образуют высокоплавкие соединения, которые проходят проточную часть турбины, не отлагаясь на ее, деталях и не вызывая их коррозии.

**Стабильность топлив.** Газотурбинные топлива менее стабильны против окисления по сравнению с реактивными и дизельными. Даже в свежих газотурбинных топливах содержится сравнительно большое количество ненасыщенных углеводородов, сернистых соединений, смолистых веществ и продуктов уплотнения. Тяжелые дистиллятные топлива содержат смолистых веществ до 400 мг/л более на 100 см<sup>3</sup>. Остаточные топлива характеризуются еще более высоким содержанием смолистых веществ.

При хранении газотурбинных топлив в условиях повышенных температур происходит их окисление и дальнейшее накопление в них смол и продуктов уплотнения: карбенов, карбоидов и асфальтенов.

Особенно сильно ухудшается стабильность газотурбинных топлив в процессе воздействия высоких температур.

Газотурбинные топлива, полученные из сернистых нефтей, обладают худшей стабильностью по сравнению с топливами из малосернистых нефтей. При окислении их образуется большее количество смол и продуктов уплотнения.

### **3.4. Топливо для судовых энергетических установок. Особенности применения топлив для судовых энергетических установок**

Основное назначение судовой энергетической установки (СЭУ) – обеспечение движения судна. Кроме того, она служит для снабжения судна электроэнергией, паром и горячей водой для работы механизмов, обеспечивающих работу силовой установки, а также для управления судном, сохранения его мореходных качеств, производства грузовых операций, отопления вентиляции и охлаждения жилых и служебных помещений, охлаждения грузовых трюмов, хозяйственно-бытовых потребностей.

Все СЭУ являются теплосиловыми, т.е. в них совершается преобразование тепловой энергии, получающейся при сгорании топлива в механическую работу.

Тепловые двигатели СЭУ разделяются по роду рабочего тела, т.е. вещества, при расширении которого теплового превращается в работу. В судовых ДВС и ГТД рабочим телом является смесь газов, получающихся при сгорании топлива. Рабочим телом паровых турбин является водяной пар.

Двигатели, предназначенные для вращения гребных винтов, называются главными. Для обеспечения паром главных паротурбинных установок устанавливаются главные паровые котлы. Для удовлетворения различных потребностей в паре на теплоходах, применяются вспомогательные паровые котлы.

Паровые турбины служат для превращения тепловой энергии в механическую работу. Рабочий процесс турбины характерен тем, что сначала, при истечении пара через специальные насадки (направляющие аппараты или сопла), потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую, которая затем превращается в работу движения лопаток, между которыми протекает пар.

С точки зрения способа преобразования энергии безразлично, какое рабочее тело используется в турбине. Поэтому между рабочим процессом, паровой и газовой турбин нет существенной разницы.

Устройство простейшей паровой турбины схематично показано на рис. 3.5. Острый пар поступает в насадку (сопло) 4 и в ней расширяется; вследствие этого потенциальная энергия пара превращается в кинетическую, то есть пар приобретает значительную скорость. Из сопла 4 пар поступает в карманы рабочих лопаток 3, находящихся на ободе турбинного диска 2, жестко соединенного с валом 1 турбины. В каналах лопаток, имеющих изогнутую форму струя пара совершает криволинейное движение; частицы пара под действием центробежной силы давят на внутреннюю поверхность лопаток и заставляют их, а следовательно, и диск с валом вращаться и совершать полезную работу.

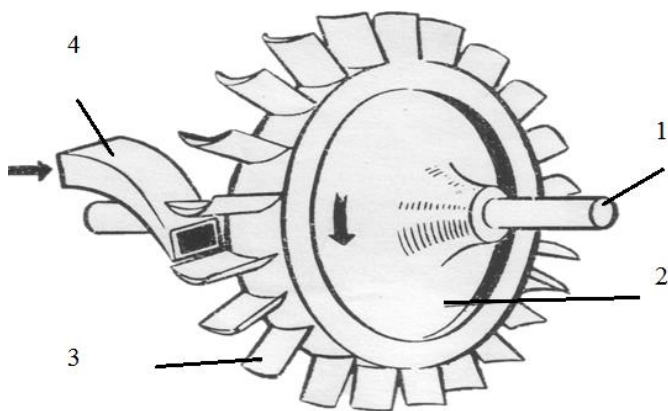


Рис. 3.5. Схема простейшей паровой турбины  
1 – вал турбины; 2 – турбинный диск; 3 – каналы рабочих лопаток;  
4 – сопло.

В настоящее время в подавляющем большинстве СЭУ используют жидкое топливо. В основу классификации жидких топлив для СЭУ (рис.3.6) положены следующие принципы:

- главные: а) связанные с основными требованиями к качеству горючего для СЭУ, которые определяются энергетическими потребностями и принципиальными различиями в организации рабочего процесса СЭУ (деление горючего на группы); б) связанные с требованиями к качеству горючего учитывающими назначение судовой техники, особенности конструкции СЭУ, а также наличие сырьевых ресурсов (деление на подгруппы);

- соподчиненные с условиями использования судовой техники, условиями хранения и транспортирования горючего, а также технологией его получения (деление на марки).

Таблица 3.4

## Флотские мазуты

Наименование показателя	Значение для марки	
	Ф5	Ф12
1	2	3
1. Вязкость при 50 °С, не более: условная, градусы ВУ или кинематическая, м <sup>2</sup> /с (сСт)	5,0	12,0
2. Динамическая вязкость при 0°С, Па·с, не более	36,2 · 10 <sup>-6</sup> (36,2)	89 · 10 <sup>-6</sup> (89)
3. Зольность, %, не более, для мазута: малозольного зольного	0,1 · 27 - 0,05	- - 0,10
4. Массовая доля механических при- месей, %, не более	0,10	0,12
5. Массовая доля воды, %, не более	0,3	0,3
6. Содержание водорастворимых кис- лот и щелочей	отсутствие	
7. Массовая доля серы, не более, для мазута видов:		
11	1,0	-
IV	2,0	-
8. Содержание сероводорода	отсутствие	-
9. Температура вспышки, °С, не ниже:		
в закрытом тигле	80	90
в открытом тигле	-	-
10. Температура застывания, °С, не выше	-5	-8
11 Коксуемость, %, не более	6,0	6,0
12 Теплота сгорания (низшая) в пере- счете на сухое топливо (не браковоч- ная), кДж/кг, не менее, для мазута ви- дов: I, II, III и IV	41454	41454
13 Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не бо- лее	955	960

*Примечание:* при поставке мазутов Ф5, Ф12 на экспорт пока-  
затель 15 не является браковочным.

Для некоторых СЭУ выпускаются моторные топлива ДТ и  
ДМ. Также в судовых установках находят применение и топочные  
мазуты марок М-40, М-100, масло сланцевое и мазут угольный.

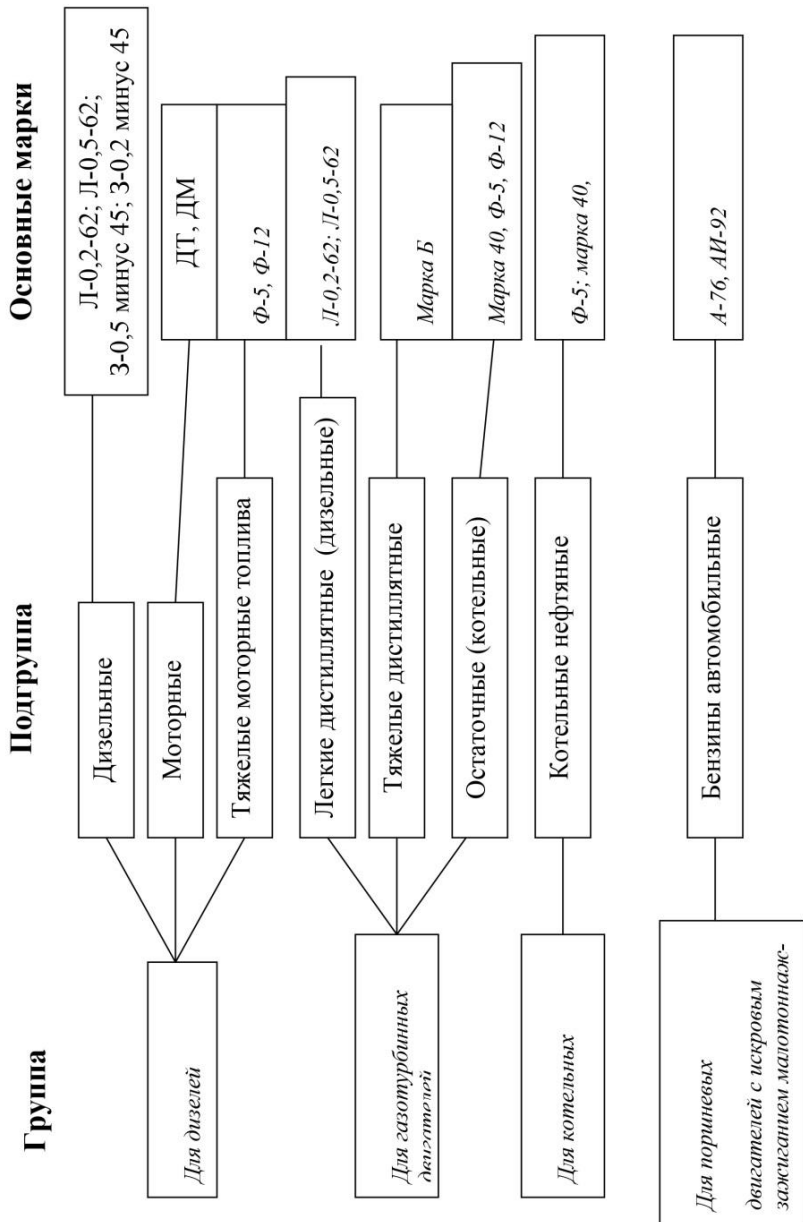


Рис. 3.6 Классификация жидких топлив для судовой техники

Таблица 3.5

## Судовые остаточные топлива

Показатели	Марки ИСО-Ф-														
	РМА 10	РМБ 10	РМС 10	РМД 15	РМЕ 25	РМФ 25	РМЖ 35	РМН 35	РМК 35	РМН 45	РМК 45	РМЛ 45	РМН 55	РМК 55	РМЛ 55
Плотность при 15 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> , макс.	975,0	981,0		985,0	991,0		991,0	1010,0		991,0	1010,0	-	991,0	1010,0	-
Кинематическая вязкость при 100 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с, макс.	10,0		15,0	25,0		35,0		45,0		55,0					
Температура вспышки, <sup>0</sup> С, мин.	60		60	60		60		60		60		60			
Температура текучести (макс.), <sup>0</sup> С:															
зимой, макс.	0	24	30	30		30		30		30		30		30	
летом, макс.	6	24	30	30		30		30		30		30		30	
Коксуемость, %, макс.	10	14	14	15	20	18	22	22	-	22	-				
Зольность, %, макс.	0,10		0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20		0,20		0,20			
Вода, %, макс.	0,5		0,8	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0			
Сера, %, макс.	3,5		4,0	5,0		5,0		5,0		5,0		5,0			
Ванадий, мг/кг, макс.	150	300	350	200	500	300	600	600		600		600			
Алюминий + кремний, мг/кг, макс.	80		80	80		80		80		80		80			
Содержание общего осадка, %, макс.	0,10		0,10	0,10		0,10		0,10		0,10		0,10			

*Примечание.* Буква Р идентифицирует категорию топлива — остаточное; буква М — указывает применение — морское; третья буква является номером классификации; числа, используемые в

классификации остаточных топлив, указывают максимальную кинетическую вязкость при 100 °С.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Нарисуйте диаграмму рабочего процесса ГТД и поясните её.
2. Какие требования предъявляются к газотурбинным топливам?
3. Какие марки газотурбинных топлив производятся в России?
4. Почему так жёстко ограничивается содержание ванадия в топливах?
5. От каких показателей качества газотурбинных топлив зависят их эксплуатационные свойства?
6. Какие марки топлив для судовых энергетических установок производятся в России?

## ГЛАВА 4. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА

Одним из перспективных путей экономии топлива для автомобильных двигателей и снижения выбросов отработавших газов в атмосферу является частичная или полная замена традиционных топлив другими, не нефтяного происхождения, так называемым альтернативным топливом.

Под альтернативным топливом понимают химическое топливо частично или полностью не нефтяного происхождения, характеризующееся целевым производством на основе нетрадиционных видов сырья. По физико-химическим свойствам и условиям хранения альтернативные топлива можно разделить на три группы:

- Топлива на нефтяной основе с добавками не нефтяного происхождения (спирты, эфиры, растительные масла), которые по эксплуатационным свойствам близки к нефтяным дистиллятам.

- Синтетические жидкие топлива, близкие по свойствам к традиционным нефтяным топливам, получаемые при переработке жидкого, газообразного или твердого сырья (тяжелые нефти, природные битумы, уголь, горючие сланцы, продукты прямого синтеза из CO и H<sub>2</sub>).

- Топлива, существенно отличающиеся по физико-химическим и эксплуатационным свойствам от жидких нефтяных топлив (спиртовые топлива: метанол, этанол и их смеси с высшими спиртами; газообразные топлива: природный сжатый и сжиженный газ, сжиженный нефтяной газ, аммиак, водород, генераторный и другие искусственные газы).

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

При использовании топлив первых двух групп возникают незначительные изменения, а в ряде случаев сохраняются технико-эксплуатационные характеристики автомобилей. Целесообразность применения этих топлив определяется ресурсной базой и технико-эксплуатационными показателями производства топлив.

При использовании топлив третьей группы необходимо модифицировать двигатели и создавать специальные бортовые системы хранения топлив. Эффективность применения этих топлив определяется технико-экономическими показателями производства топлив и транспортных средств.

### 4.1 Эффективность использования

Для сравнения различных видов топлива по теплоте сгорания используются единицы условного топлива, выраженные в угольном

или нефтяном эквиваленте. Одна тонна условного топлива в угольном эквиваленте соответствует теплоте сгорания одной тонны антрацита, равной 7 млн. ккал или  $27,91 \times 10^3$  МДж. Одна тонна условного топлива в нефтяном эквиваленте соответствует теплоте сгорания одной тонны углеводородного топлива, равной 10 млн. ккал или  $41,8791 \times 10^3$  МДж. Затраты энергии на производство всех видов альтернативных топлив, за исключением электричества, выше, чем на бензин и нефть (табл. 4.1). Газовые виды топлив снижают стоимость затрат единицы пробега на 15-30%. Сравнительная характеристика физико-химических и эксплуатационных свойств традиционных автомобильных нефтяных и альтернативных топлив представлена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Эффективность использования альтернативных топлив автотранспортом (в относительных единицах)

Вид моторного топлива	Затраты энергии на производство	Стоимость единицы пробега
1	2	3
Бензин из нефти	100	100
Синтетический бензин из угля	160	120
Компримированный природный газ	130-140	90
Сжиженный природный газ	125	85
Пропан	105	70-80
Метанол	160	150
Этанол	170	180
Электроэнергия (тепловые станции)	65	150
Электроэнергия (ядерные станции)	40	130

В затратах энергии учтена добыча, переработка и транспортировка сырья, а также производство и распределение топлива.

#### 4.2 Синтетические спирты, эфиры и биотоплива

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

Физико-химические и эксплуатационные свойства метанола и этанола представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Сравнительная характеристика физико-химических и эксплуатационных свойств традиционных автомобильных нефтяных и альтернативных топлив

Показатель	Нефтяные топлива		Метанол	Этанол	Сжиженный нефтяной газ	Природный газ		Водород		Аммиак жидкий	Ацетилен газообразный
	Бензины	Дизельные топлива				Газообразный	жидкий	Газообразный	Жидкий		
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	710-760	820-870	795	790	542	0,68	420	0,09	7	680	1.173
Температура кипения, °С	35-195	180-360	64,7	78	-42	-162		-252,76		-33	-83,8
Температура застывания, °С	-60...-80	-10...-60	-97,8	-114,6	-187	-182		-259,21		-78	-
Давление насыщенных паров при 38 °С, кПа	65-92	0,3-0,35	12,6	17,0	160	-	-	-	-	-	-
Теплота испарения, кДж/кг	289-306	210-250	1173	920	412	-	511	-	-	1370	-
Стехиометрический коэффициент, кг/кг	14,5-15,0	14,1-14,3	6,51	9,06	15,2	16,8-17,4		34,8		6,15	13,14
Температура горения, °С	2063	2016	1912	1962	1876	1792		2176		1683	2327
Энергоемкость, мДж/кг	44	43,43-	19,98	26,9	46	48,94-50,15	120	120		18,65	47,82
Энергоемкость, мДж/л	32,56	43,51-36,55	15,88	21,25	24,93	20,92	0,011	8,52		12,68	0,056
Теплота сгорания стехиометрической смеси, кДж/кг	2782-2811	2715-2790	2660	2674	2840	2740-2749	3381			2605	3320
Границы устойчивой работы двигателя по $\alpha$	0,7-1,1	0,9-5,0	0,7-1,4	0,7-1,25	0,7-1,2	0,7-1,3	0,6-5,0			0,9-1,2	1,3-2,5
Октановое число:											
моторный метод	66-85	-	88-94	92	90-94	100-105	30-40			110	-
исследовательский метод	75-95	-	102-111	108	93-113	110-115	45-90			130	-
Цетановое число	8-14	45-55	3	8	18-22	-	-	-	-	-	-
Пожаро-, взрывобезопасность	средняя							высокая		низкая	высокая
ПДК <sub>гв</sub> , мг/м <sup>3</sup>	100	300	5	1000	1800	-	-	-	-	20	-
Условия хранения на автомобиле (давление, температура)	нормальные				1,6 МПа	20-40 МПа	-165 °С	20-40 МПа	-255 °С	0,6-0,7 МПа	1,5-2,5 МПа

При работе двигателя на чистом метаноле увеличивается его мощность, снижается тепловая напряженность деталей цилиндро-поршневой группы, нагарообразование и закоксовывание. Также улучшаются экологические характеристики отработавших газов: содержание окислов азота снижается в 1,5-2 раза, углеводородов в 1,3-1,7 раза, а концентрация окиси углерода остается в среднем той же, что и при работе на бензине.

Однако применение метанола в качестве топлива требует изменения конструкции топливной аппаратуры, двигателя и в какой-то мере самого автомобиля. Так, например, возникает необходимость оборудовать двигатель устройствами, облегчающих пуск, особенно при отрицательных температурах; увеличить вместимость топливных баков, так как использование метанола снижает запас хода автомобиля в 2 раза; заменить некоторые материалы системы питания более стойкими из-за высокой коррозионной активности метанола.

Серьезную проблему применения метанола в качестве топлива представляет его высокая токсичность. Необходимо обеспечить тщательную герметизацию топливоподающей системы питания двигателя и соблюдать правила техники безопасности. Предельно допустимая концентрация паров метанола в воздухе составляет  $5 \text{ мг/м}^3$ .

В то же время использование метанола в качестве добавки к бензину дает следующие положительные результаты:

- нет необходимости вносить изменения в конструкцию двигателя и настройки его топливной аппаратуры;
- при добавлении 3-5 % метанола обеспечивается экономия 2,5% бензина при сохранении мощности двигателя и динамических показателей автомобиля, а также токсичности отработавших газов;
- создается возможность применять бензин с несколько меньшим октановым числом;
- нет необходимости вводить в бензин добавки стабилизирующего характера (например, дорогостоящий изобутиловый спирт), так как смесь бензина с метанолом дольше сохраняет стабильность и создает возможность использования автомобилей в различных климатических поясах (устойчивый пуск холодного двигателя обеспечивается при температуре воздуха  $-26 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Этанол в качестве автомобильного топлива может применяться как в смеси с бензином, так и самостоятельно. По некоторым показателям этанол как топливо превосходит метанол (см. табл.4.2).

Использование спиртов в качестве добавки в дизельное топливо снижает его вязкость, уменьшает плотность. Однако низкая температура самовоспламенения (низкое цетановое число) позволяют использовать метанол и этанол для дизелей только при условии конструктивных изменений двигателя и в количествах, не превышающих соответственно 15 и 20 %. Такие смеси сохраняют чистоту и не вызывают коррозии деталей двигателя, но их применение ограничено из-за высокой стоимости присадок.

Кроме того этанолу в нашей стране не повезло. Работа с этанолом подпадает под, ограничивающий его применение, Федеральный закон «О государственной регистрации производства и оборота этилового спирта и алкогольной продукции», согласно которому бензины, содержащие более 1,5 % этанола, подпадают под определение спиртосодержащей непищевой продукции, что требует применение специальных денатурирующих добавок, делающих невозможным его применение в качестве алкогольного напитка.

В качестве присадок к бензинам для повышения их октанового числа могут использоваться изопропиловый, вторбутиловый и третбутиловый спирты.

Последний самостоятельно в качестве присадки не применяется, но входит в состав в качестве компонента (присадка «фетерол», например). Спирты могут добавляться к бензинам до 10 % масс (газохолл, например, применяемый довольно широко в США). Эфиры самостоятельного использования в виде топлива не имеют, но активно используются в качестве добавки к автобензинам в качестве оксигенатов, как показано в 1 главе.

Диметиловый и диэтиловый эфиры представляют интерес для использования их в качестве добавок к дизельным топливам. При этом повышается цетановое число и уменьшается сажеобразование. Недостатком применения эфиров в дизельных топливах является рост оксидов азота в продуктах сгорания, что потребует оборудования двигателя каталитическими нейтрализаторами.

Большой интерес в мире вызывает применение в качестве добавки к дизельному топливу растительных масел (так называемого биотоплива). Биодизельным топливом считаются моноалкиловые эфиры жирных кислот, получаемые из растительного или животного сырья и предназначенные для использования в дизельных двигателях. Основная задача, которая при этом решается, - замена продуктов нефтепереработки на природное возобновляемое сырье и поддержка сельскохозяйственных производителей.

Сырьем для биотоплива являются рапсовое, подсолнечное, пальмовое и другие растительные масла, а также свиной жир. Введение в топливо непереработанных масел нежелательно, так как они обладают повышенной вязкостью, сравнительно низкой теплопроводительностью, уменьшающей мощность двигателя в среднем на 15%, обладают плохими пусковыми качествами при пониженной температуре, а из-за наличия свободных кислот плохо совмещаются с материалами конструкций и уплотнений. Поэтому масла алкилируют, получая моноэфиры соответствующих кислот. При этом улучшаются низкотемпературные свойства, снижается вязкость и повышается цетановое число.

Наиболее распространенным топливом этого типа является рапсметиловый эфир (РМЭ), который в заметном количестве используется в Швеции, Германии, Франции, США и в других странах. Его

можно добавлять к дизельному топливу в концентрации до 30 % без дополнительной регулировки двигателя. В западноевропейских странах принято решение об обязательной добавке 5 % РМЭ в дизельное топливо, но в некоторых странах (например, в Швеции) его используют даже в чистом виде. Стоимость РМЭ в настоящее время примерно в два раза выше, чем нефтяного дизельного топлива, однако если объемы производства биотоплива будут увеличиваться, то это приведет к снижению их себестоимости до приемлемого уровня.

Многочисленные испытания РМЭ и его добавок к дизельному топливу в странах Европы и Америки показали, что при его использовании улучшается смазывающая способность (особенно у малосернистых топлив) и снижается концентрация СО в продуктах сгорания, однако увеличивается выброс продуктов отрицательно воздействующих на озон. Поэтому двигатели, работающие на биотопливе, должны быть оборудованы каталитическими нейтрализаторами. Наблюдается также увеличение образования твердых частиц в продуктах сгорания, которые представляют собой растворимые, в отличие от сажи дизельного топлива, органические соединения несгоревших частиц РМЭ. Основные физико-химические показатели летнего дизельного топлива из нефтяного сырья и эфиров представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Физико-химические показатели нефтяного дизельного топлива и эфиров.

Показатель	Дизельное топливо (летнее)	Диметиловый эфир	Эфиры растительных масел
1	2	3	4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	820-850	2,091	875-900
Вязкость, мм <sup>2</sup> /с	3,5-6,0	-	3,5-5,0
Температура (°С)- застывания	-10	-138	-5
- кипения	180-360	-25	200
-вспышки	40	-41	100
- самовоспламенения	230-300	350	300-350
Цетановое число	40-45	55	50-55
Содержание серы	0,2	0,0	0,05
Отношение С/Н	6,5	4	6,5
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	42-43	25	37-38
Теплота сгорания стехиометрической смеси МДж/м <sup>3</sup>	3,4	3,6	3,4

Продолжение таблицы 4.3

Показатель	Дизельное топливо (летнее)	Диметиловый эфир	Эфиры растительных масел
1	2	3	4
Массовая теплопроизводительность, МДж/кг	2,8	2,6	2,7
Максимальная температура пламени при $\alpha = 1$ , °С	2100	-	2000
Стехиометрическое количество воздуха, требуемое для полного сгорания, кг/кг	14,0-14,5	8,9	13,5-14,5

Как видно из табл. 4.3 представленные значения показателей эфиров растительных масел довольно близки к показателям нефтяного дизельного топлива.

### 4.3. Газообразные топлива

**Сжиженные нефтяные газы.** При нормальных условиях нефтяные газы находятся в газообразном состоянии, а при относительно небольшом повышении давления переходят в жидкое состояние (без снижения температуры).

Особенности использования углеводородных газов в качестве автомобильных топлив:

- легко переходят в жидкое состояние, поэтому их хранят, транспортируют и используют под давлением собственных паров, величина которых зависит от температуры окружающей среды;
- плотность углеводородных газов выше плотности воздуха и меньше плотности воды, что следует учитывать при решении многих вопросов эксплуатации систем газоснабжения;
- невысокая вязкость облегчает транспортирование газов по трубопроводам, но благоприятствует утечкам;
- Низкие концентрационные пределы воспламенения в воздухе, что допускает сжигание бедных смесей при высоком отношении воздух-газ;
- Давление паров сжиженных газов значительно выше давления паров бензина при одинаковой температуре, поэтому сжиженные газы должны храниться только в герметичных резервуарах под давлением, оборудованных устройствами, обеспечивающими безопасность эксплуатации;
- Высокий коэффициент объемного расширения сжиженных газов следует учитывать при заполнении резервуаров на случай по-

вышения наружной температуры, свободное пространство резервуара при заполнении должно составлять примерно 15 % его вместимости.

Сжиженные газы являются хорошими растворителями нефтепродуктов и резины, что следует учитывать при выборе эксплуатационных материалов – смазок и заменителей резины.

На автомобильном транспорте как в двигателях с искровым зажиганием, так и в дизелях могут применяться сжиженные нефтяные газы:

- пропан;
- пропан - бутановая смесь.

По сравнению с бензином сжиженные газы повышают экономичность двигателя на 10-20 % и до 50 % снижают стоимость топлива. Для автомобиля, расходующего на 100 км пробега 15л высокооктанового бензина, достаточно 13л сжиженного газа. Правда при этом снижается мощность двигателя.

Перевод дизеля на газовое топливо связан с преодолением трудностей, связанных с низким цетановым числом и недостаточной смазывающей способностью газов. Цетановое число пропана – 16, бутана – 25. Поэтому в чистом виде газ в дизелях не используется, а работает смесь 40 – 50 % дизельного топлива с пропан – бутановым газом. В этом случае обеспечивается требуемая воспламеняемость топлива и смазывающее действие топливной аппаратуры.

Двигатель на газе проигрывает бензиновому в мощности на 10 – 15 %, но только на магистрали и при движении автомобиля в тяжелых подъемах. При езде по городу этот разрыв практически не ощутим. Доказано, что при переходе на газ на 40 % увеличивается моторесурс двигателя, на 50 % повышается срок службы масла, а главное – снижается количество токсичных составляющих в выхлопных газах.

**Сжатые углеводородные газы.** Применение в народном хозяйстве сжатого, так называемого, компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива является важным направлением научно-технического прогресса в развитии энергетической базы транспорта: сохраняются запасы нефти; на 50 - 70 % увеличивается срок службы двигателя и значительно увеличивается срок смены моторного масла; на 30 – 75 % уменьшается количество токсичных компонентов в отработавших газах; незначительно, но все же увеличивается коэффициент полезного действия газовых двигателей. Сжатые углеводородные газы имеют октановое число около 105 единиц по моторному методу.

Недостатки эксплуатации автомобильного транспорта на сжатом природном газе:

- на 14 – 20 % снижается полезная нагрузка автомобиля за счет установки тяжелых металлических баллонов;

- трудность установки оптимальной степени сжатия двигателя из-за необходимости сохранения перехода на автомобильный бензин, что и приводит к снижению мощности двигателя;
- усложняется конструкция топливной системы автомобиля, что увеличивает стоимость обслуживания и ремонта;
- повышаются требования в отношении взрыво – и пожароопасности.

#### **4.4. Газожидкостное топливо**

Применение газожидкостного топлива (ГЖТ) на двигателях транспортной техники предполагает раздельное хранение компонентов на борту автомобиля и их совместную подачу в двигатель. В качестве компонентов ГЖТ используют: низкооктановый бензин с октановым числом 56 единиц, стандартный бензин А-76, сжатый природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяной газ (СНГ).

Применение ГЖТ осуществляется по двум вариантам.

Первый вариант предполагает использование высоких антидетонационных свойств газа. При этом в качестве основного компонента применяется низкооктановый бензин, а в качестве антидетонационной присадки СПГ, либо СНГ.

Второй вариант предполагает использование более низкой себестоимости газа по сравнению с бензином. При этом газ применяется как основной компонент, а бензин подается как энергетическая добавка на режимах, требующих максимальной мощности двигателя.

В газожидкостных топливах применение газа обеспечивает достижение двух основных целей: первой – замещения дорогостоящего бензина более дешевым газом, второй – применение газа как антидетонационной добавки к низкооктановому бензину.

В первом случае газ подается на всех режимах работы, а бензин применяется как высокоэнергетический компонент на режимах средних и максимальных нагрузок двигателя в количествах, обеспечивающих требуемую мощность двигателя. Для этого применяют карбюратор с отключаемым жиклером холодного хода, двуструйную подачу газового топлива и автоматическое отключение подачи газа при остановках двигателя. Двигатель в режиме холостого хода и малых нагрузок работает только на газе, на средних нагрузках работает на смеси бензина и газа, а в режиме максимальных нагрузок - практически только на бензине. Среднее замещение бензина газом в городском цикле движения может достигать 50 % при сохранении мощностных характеристик двигателя. Антидетонационные свойства газа при этом используются не в полной мере, и пусковые качества двигателя ухудшаются.

В случае применения низкооктанового бензина в качестве основного компонента, а СПГ в качестве антидетонационной добавки бензин подается на всех режимах работы двигателя, а газ в зависимо-

сти от требуемого октанового числа, которое адекватно нагрузке двигателя. На холостом ходу двигатель работает только на бензине, При нагрузке подается газ. Расход газа составляет 10 – 50 % массы от топлива. Недостаток такой системы состоит в снижении мощности двигателя при увеличении нагрузки.

Каждая технология применения ГЖТ имеет свои достоинства и недостатки и влияет на разные параметры эффективности (экономические, мощностные, эксплуатационные, надежности и др.).

Применение газа в качестве антидетонационной добавки повышает экономическую эффективность топлива вследствие более низкой стоимости низкооктанового бензина и существенно улучшает эксплуатационные характеристики бензогазового автомобиля. Мощность двигателя практически совпадает с мощностью бензинового двигателя, пробег бензогазового автомобиля увеличивается при незначительном уменьшении полезной грузоподъемности. Себестоимость транспортной работы ГЖТ автомобиля на 10 – 15 % ниже бензинового.

Применение низкооктановых бензинов в смеси с природным газом снижает в 1,5 – 2 раза содержание окиси углерода и на 30 % окислов азота. Вовлекаются в использование значительные ресурсы низкооктановых нефтяных и газоконденсатных бензинов, что составляет не менее 30 % суммарного фонда товарных автомобильных бензинов. Снижаются затраты на расширение мощностей по вторичной переработке низкооктанового бензина в высокооктановый.

В целом, применение двухтопливных газожидкостных систем питания автомобилей на низкооктановом бензине позволяет существенно повысить народнохозяйственный эффект за счет расширения ресурсов топлива и снижения экологической опасности отработавших газов.

#### **4.5. Нефтяные топлива**

**Водород** считается топливом будущего благодаря его практически неограниченным ресурсам и отсутствию в продуктах сгорания вредных веществ. Основной проблемой применения водорода является его повышенная взрывоопасность, низкая плотность и низкая температура кипения. Кроме того, стоимость производства водорода в 3 – 5 раз выше стоимости производства нефтяных топлив.

В нашей стране и за рубежом созданы опытные модели автомобилей, работающих на водороде. Практический интерес представляет применение водорода в качестве добавки к бензину. В этом случае топливная экономичность автомобиля повышается до 40 и более процентов, выбросы окиси углерода уменьшаются на 30 – 40 %, а окислов азота в 1,5 – 2 раза. При работе на смеси по массовой доле, составляющей соответственно три четверти бензина и четверти во-

дорода, экономия топлива достигнет 55 % массы, а концентрация окиси углерода может упасть в 13 раз, окислов азота - в 5 раз.

При городском режиме работы автомобиля основным топливом должен служить водород, а бензин – использоваться как добавка для стабилизации горения воздушно-водородной смеси на режиме холостого хода, малых и средних нагрузках.

Внедрение водородного топлива связано, прежде всего, с необходимостью разработки безопасных, дешевых и надежных бортовых аккумуляторов водорода на основе гидридов металлов.

**Аммиак** рассматривается в качестве альтернативы водороду. Преимуществом аммиака является более высокая энергоемкость и безопасность применения. В то же время вследствие высокой температуры воспламенения и низкой скорости сгорания аммиачно-воздушных смесей требуются специальные меры по обеспечению устойчивой работы двигателя на аммиачном топливе. Аммиак имеет высокую антидетонационную стойкость (октановое число по моторному методу -110 ед., а по исследовательскому – 130 ед.). Воспламеняемость плохая (цетановое число – 0). Для зажигания необходима высокотемпературная свеча с широким искровым промежутком. Воспламенение и горение улучшается при применении запального топлива. Так, в дизеле при степени сжатия 16,5 вначале сжимается смесь аммиака с воздухом, и на такте сжатия производится впрыск дизельного топлива 27 – 40 % от расхода аммиака, КПД при этом возрастает на 10 – 35 %.

**Синтетические топлива из углей** получают в процессе их ожижения при давлении 10,0 МПа и температуре 420 – 430 °С. Получаемая бензиновая фракция после риформинга может быть использована как высокооктановый компонент бензина. Дизельная фракция получаемого синтетического топлива отвечает требованиям ГОСТа на нефтяные топлива.

**Синтетическое смесевое топливо** на основе спиртов и углеводородов получают из отходящих газов металлургических производств и используются в качестве синтетического бензина.

Эффективность использования каждого варианта альтернативных топлив определяется совокупностью многих критериев, важнейшими из которых являются: экономический, энергетический, экологический и ресурсный. Наибольшей экономической и энергетической эффективностью характеризуются топлива с нефтяными добавками, газовые топлива и двухтопливные композиции.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какие виды топлив можно отнести к альтернативным топливам?
2. Назовите достоинства и недостатки спиртов при использовании их в качестве топлива.

3. Назовите достоинства и недостатки биотоплив при использовании их в качестве топлива в дизельных двигателях.
4. Назовите достоинства и недостатки углеводородных газов при применении их в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания.
5. В чем заключаются особенности технологии применения газожиidкостных топлив на основе низкооктанового бензина и сжатого природного газа?
6. Назовите достоинства и недостатки водорода при применении его в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания.
7. Расскажите о применении в качестве топлива аммиака.
8. Расскажите о применении синтетических топлив.

## ГЛАВА 5. МОТОРНЫЕ МАСЛА

В соответствии с ГОСТ 26098-84 смазочные масла подразделяются на моторные, газотурбинные, трансмиссионные, консервационные, турбинные, цилиндровые, компрессорные, приборные и холодильные. В данной главе мы рассмотрим моторные масла.

Масла, применяемые для смазывания поршневых двигателей внутреннего сгорания, называют **моторными**. В зависимости от назначения их подразделяют на масла для дизелей, масла для бензиновых двигателей и универсальные моторные масла, которые предназначены для смазывания двигателей обоих типов. Все современные моторные масла состоят из базовых масел и улучшающих их свойства присадок. По температурным пределам работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные. В качестве базовых масел используют дистиллятные компоненты различной вязкости, смеси остаточных и дистиллятных компонентов, а также синтетические продукты (полиальфа-олефины, алкил-бензолы, эфиры). Большинство всесезонных масел получают путем загущения маловязкой основы макрополимерными присадками. По составу базового масла моторные масла подразделяются на синтетические, минеральные и частично синтетические (смесь минеральных и синтетических компонентов).

### 5.1. Условия применения моторных масел и требования к их качеству

Условия применения масел в поршневых двигателях внутреннего сгорания достаточно сложны. Это связано со сложным функциональным назначением масел, большим разнообразием условий работы в различных узлах трения, значительной величиной и периодической дискретностью термических и механических нагрузок.

Моторное масло в двигателе выполняет важные и многосторонние функции.

Назначение моторных масел:

- уменьшают потери мощности двигателя на преодоление трения за счет создания соответствующего режима смазки и тем самым оказывают влияние на коэффициент полезного действия, мощность двигателя и расход топлива;
- снижают износ трущихся деталей за счет создания на их поверхности прочной масляной пленки (вследствие чего повышается надежность и долговечность техники, увеличивается межремонтный срок, снижаются затраты на техническое обслуживание и ремонт);
- отводят тепло от нагретых деталей двигателя (до 4...4,5 % общего тепла, выделяемого в двигателе и до 10...12 % — для двигателей с наддувом);

- выносят из узлов трения продукты износа и загрязнения;
- защищают смазываемые поверхности от воздействия коррозионных продуктов;
- уплотняют зазоры в сопряженных деталях цилиндропоршневой группы.

Основными смазываемыми узлами и деталями поршневого двигателя являются: коренные и шатунные подшипники, подшипники и шестерни распределительного вала, поршневые пальцы, штоки и толкатели клапанов, плунжерные пары насоса высокого давления, стенки цилиндров, поршней и т. д. К ответственным узлам смазки относятся и сопряжения поршень-цилиндр. Каждый из названных узлов отличается динамическими и тепловыми нагрузками, что, в связи с наличием единых масляных систем двигателей, увеличивает сложность эффективного применения моторных масел.

Масляные системы большинства современных поршневых двигателей являются комбинированными. Наиболее нагруженные узлы, например подшипники коленчатого и распределительного валов, смазываются под давлением, создаваемым масляным насосом, а менее нагруженные пары, такие, как поршень-цилиндр, клапанный механизм и другие — разбрызгиванием масла.

Емкостью для масла может служить поддон картера, но также могут использоваться специальные цистерны, например в судовой технике.

Основными элементами системы смазки являются:

- маслозаборник;
- масляный насос;
- фильтр грубой очистки масла;
- масляный радиатор;
- манометр;
- фильтр тонкой очистки масла;
- трубка вентиляции картера (сапун);
- заливная горловина;
- указатель уровня масла.

Обязательным элементом масляных систем являются очистные устройства (фильтры). Все большее распространение получают масляные центрифуги. В некоторых двигателях устанавливаются магнитные ловители. Начали применяться самоочищающиеся фильтры, а на крупногабаритных судовых двигателях - автоматизированные фильтрующие установки.

К факторам, влияющим на условия работы масла, относятся: давление в зоне трущихся деталей, скорость относительного перемещения поверхностей трущихся деталей, рабочая температура в узлах трения, конструкционный материал, качество применяемого топлива и условия эксплуатации двигателя.

Постоянный процесс совершенствования поршневых двигателей вызывает возрастание нагрузок, скоростей скольжения и темпе-

ратуры узлов трения. Удельные давления в разных узлах двигателей в значительной степени различаются по величине. В зоне компрессионных колец они составляют 0,15...0,30 МПа, маслосъемных — 0,5...1,3 МПа, подшипников коленчатого вала — 20...30 МПа, а в паре кулачок - толкатель они достигают 1000...2000 МПа и более.

Скорость движения поршня в средней части цилиндра у ряда двигателей составляет 20...25 м/с, скорость скольжения в подшипниках коленчатого вала — 15 м/с.

В зависимости от термических условий в двигателе можно выделить три характерные зоны: высоко-, средне- и низкотемпературные.

К высокотемпературной зоне относятся камера сгорания, обращенная к ней поверхность днища поршня и верхняя часть цилиндра. Некоторые детали этой зоны нагреваются до 400 °С (днище поршня) и даже до 800 °С (выпускной клапан), а температура горящих газов может достигать 2500 °С. Масло, попадающее в эту зону, сгорает с образованием нагара.

Нагар ухудшает теплоотвод от деталей, облегчает возникновение детонации и калильного зажигания, а, отрываясь от стенок, загрязняет работающее масло вредными частицами, повышает износ трущихся поверхностей деталей, вызывает закоксовывание поршневых колец и засорение фильтров.

Среднетемпературная зона охватывает боковую поверхность поршня, верхнюю часть шатуна и стенки цилиндра. Максимальная температура в этой зоне развивается в области верхних поршневых колец, где она может достигать 300 и даже 350 °С, температура газов достигает 450 °С (бензиновый двигатель) и 500 °С (дизельный двигатель). Масло в этой зоне находится в тонком слое. На него каталитически действуют металлы, ускоряющие процессы образования отложений. В результате уплотнения продуктов окисления в этой зоне образуются лаковые отложения (лаковая пленка).

К низкотемпературной зоне относится область коленчатого вала, картера и т. п. Наиболее высокая температура масла в этой зоне (до 180 °С) может быть в области коренных и шатунных подшипников. Температура масла в картере работающего двигателя зимой равна 40...50 °С, летом — 70...80 °С и редко повышается до 110...120 °С. Нахождение масла в этой зоне в туманообразном состоянии, за счет смазки деталей разбрызгиванием, создает благоприятные условия для его окисления. Основным продуктом окисления масла являются кислоты. Высокомолекулярные кислоты и продукты их превращения могут выпадать из масла в виде липкого осадка вместе с механическими примесями и водой. Осадки в соответствии с условиями их образования часто называют низкотемпературными отложениями.

Отличительные особенности процессов смазки двигателей внутреннего сгорания связаны больше всего с их специфичностью в

цилиндропоршневой группе. Здесь, в частности, создаются условия для образования на поршнях лаковой пленки. Эта пленка снижает подвижность поршневых колец, обладает термоизолирующей способностью. Поэтому требование не образовывать лаковых отложений является для моторных масел одним из первостепенных. Кроме того, моторные масла должны отвечать всем требованиям в соответствии с выполняемыми функциями: обладать достаточным уровнем противозносных и антифрикционных свойств; защищать смазываемые детали от коррозии; уплотнять зазоры в сопряжениях деталей и в первую очередь пары поршень — цилиндр; отводить тепло от трущихся деталей и выносить загрязнения из зоны трения; противостоять протеканию физических и химических процессов, ведущих к изменению состава и свойств масла; легко выделять воду, обладать достаточной дизмульгирующей способностью; обеспечивать надежный пуск двигателей при низких температурах; иметь большие сроки смены (не сезонной) и малые расходы; обеспечивать малые расходы топлива.

Вместе с тем масла не должны вызывать коррозионные разрушения металлов; образовывать нагары и осадки; вспениваться на любых режимах работы двигателя.

Важным требованием к моторным маслам, особенно используемым на военной технике, является их взаимная совместимость.

## 5.2. Классификация моторных масел

Моторные масла классифицируются по назначению, по способу производства, по исходному сырью, по вязкости и уровню эксплуатационных свойств.

По *назначению* моторные масла делятся на:

- масла моторные для авиационных поршневых двигателей;
- масла моторные для бензиновых двигателей;
- масла моторные для автотракторных дизелей;
- масла моторные для тяжелых транспортных дизелей;
- масла моторные для тепловозных дизелей;
- масла моторные для судовых дизелей;
- масла моторные для стационарных дизелей.

По *способу производства* моторные масла делятся на:

- дистиллятные;
- остаточные;
- смесевые (смесь остаточного и дистиллятного);
- загущенные (содержащие загущающие полимерные присадки).

По *исходному сырью* моторные масла делятся на:

- минеральные
- синтетические.

Классификация моторных масел согласно ГОСТ 17479.1-85 подразделяет их на классы по вязкости и группы по назначению и уровню эксплуатационных свойств. Ниже приведено описание отечественной классификации моторных масел с учетом Изменения № 3 к ГОСТ 17479.1-85, которым увеличено число классов вязкости и изменены их границы, введены новые группы по назначению и уровню эксплуатационных свойств, а также некоторые наименования. Например, по всему тексту стандарта масла для карбюраторных двигателей называются более точным термином — маслами для бензиновых двигателей.

Различают сезонные (летние и зимние) и всесезонные (загущенные) масла.

Согласно ГОСТ 17479.1-85 по вязкости сезонные масла делятся на 12 классов: 3<sub>з</sub>; 4<sub>з</sub>; 5<sub>з</sub>; 6<sub>з</sub>; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 24.

Всесезонные масла — на 10 классов: 3<sub>з/8</sub>; 4<sub>з/6</sub>; 4<sub>з/8</sub>; 4<sub>з/10</sub>; 5<sub>з/10</sub>; 5<sub>з/12</sub>; 5<sub>з/14</sub>; 6<sub>з/10</sub>; 6<sub>з/14</sub>; 6<sub>з/16</sub>.

Всесезонные масла должны удовлетворять нормам вязкости определенных образцов летнего и зимнего масел. Поэтому класс вязкости всесезонных масел обозначается дробью. В числителе — класс вязкости по вязкости, определяемой при температуре минус 18 °С, в знаменателе — класс вязкости по вязкости, определяемой при 100 °С.

Классы вязкости моторных масел приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1  
Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1-85)

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре	
	100 °С	-18 °С, не более
3 <sub>з</sub>	≥ 3,8	1250
4 <sub>з</sub>	≥ 4,1	2600
5 <sub>з</sub>	≥ 5,6	600
6 <sub>з</sub>	≥ 5,6	10400
6	Св.5,6 до 7,0 включ.	-
8	7,0 до 9,3	-
10	9,3 до 11,5	-
12	11,5 до 12,5	-
14	12,5 до 14,5	-
16	14,5 до 16,3	-
20	16,3 до 21,9	-
24	21,9 до 26,1	-
3 <sub>з/8</sub>	7,0 до 9,3	1250
4 <sub>з/6</sub>	5,6 до 7,0	2600

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре	
	100 °С	-18 °С, не более
4 <sub>3</sub> /8	7,0 до 9,3	2600
4 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	2600
5 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	6000
5 <sub>3</sub> /12	11,5 до 12,5	6000
5 <sub>3</sub> /14	12,5 до 14,5	6000
6 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	10400
6 <sub>3</sub> /14	12,5 до 14,5	10400
6 <sub>3</sub> /16	14,5 до 16,3	10400

В зависимости от области применения по ГОСТ 17479.1-85 моторные масла делятся на шесть групп по их эксплуатационным свойствам: А, Б, В, Г, Д, Е. Масла групп Б, В, Г, Д и Е подразделяются на подгруппы (табл.5.2).

Таблица 5.2  
Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85)

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б <sub>1</sub>	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
Б	Б <sub>2</sub>	Малофорсированные дизели
В	В <sub>1</sub>	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В <sub>2</sub>	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
Г	Г <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Г <sub>2</sub>	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел группы Г <sub>1</sub>
	Д <sub>2</sub>	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Е <sub>1</sub> Е <sub>2</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп Д <sub>1</sub> и Д <sub>2</sub> . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

ОСТ 17479.1-85 предусматривает обозначение моторных масел, сообщаящее потребителю основную информацию об их свойствах и области применения. Стандартная марка включает следующие знаки: букву М (моторное); цифру или дробь, указывающую класс или классы вязкости (последнее для всесезонных масел); одну или две из первых шести букв алфавита, обозначающих уровень эксплуатационных свойств и область применения данного масла. Универсальные масла обозначают буквой без индекса или двумя разными буквами с разными индексами. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 — к маслам для дизелей. Кроме основной информации могут применяться дополнительные цифровые или буквенные обозначения.

Примеры обозначения моторных масел:

М-6<sub>3</sub>/10-В – моторное масло класса вязкости 6<sub>3</sub>/10, предназначенное для среднефорсированных дизелей и бензиновых двигателей;

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

М-14Г<sub>2</sub>(цс) - моторное масло класса вязкости 14, предназначенное для высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом. В данном случае после основного обозначения в скобках указана дополнительная характеристика области применения («цс» означает циркуляционное судовое); аналогично М-14Д (цл20) — моторное масло для высокофорсированных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях, «цл20» — применяемое в циркуляционных и лубрикаторных смазочных системах и имеющее щелочное число 20 мг КОН/г.

В прежней нормативной документации дополнительные характеристики условий применения и особенности свойств масел вводились в стандартные обозначения без скобок (М-8Г<sub>2</sub>к, М-10ДМ, М-16ДР и т.п.), иное назначение масла обозначала группа Е (раньше так обозначали цилиндровые масла для лубрикаторных смазочных систем крейцкопфных дизелей), употреблялись и нестандартные марки (МТ-16п, М-16ИХП-3). Поскольку старые марки содержатся в многочисленных инструкциях по эксплуатации техники, нормативной документации на масла, картах смазки и другой документации, не представляется возможным одновременно исключить все ранее принятые обозначения. В табл. 5.3 приведены данные о соответствии обозначении марок моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 и принятых ранее в нормативных документах.

Таблица 5.3  
Соответствие обозначений марок моторных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение
М-8-В	М-8В	М-8-Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub>
М-4 <sub>3</sub> /6-В <sub>1</sub>	М-4 <sub>3</sub> /6В <sub>1</sub> (АСЗп-6)	М-10-Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>
М-6 <sub>3</sub> /10-В	М-6 <sub>3</sub> /10В (ДВ-АСЗп-10В)	М-8-Г <sub>2</sub> (к)	М-8Г <sub>2</sub> к
М-16-А(т)	М-16ПЦ	М-10-Г <sub>2</sub> (к)	М-10Г <sub>2</sub> к
М-20-А	МС-20П	М-8-Г <sub>2</sub> (у)	М-8Г <sub>2</sub> у
М-8-Б	Мт-8П	М-10-Г <sub>2</sub> (у)	М-10Г <sub>2</sub> у
М-6 <sub>3</sub> /10Б <sub>2</sub>	МТЗ-10П	М-14-Г <sub>2</sub> (цс)	М-14Г <sub>2</sub> ЦС
М-12-Б <sub>2</sub>	М-12Б	М-14-Г <sub>2</sub> (к)	М-14Г <sub>2</sub> к
М-14-Б <sub>2</sub>	М-14Б	М-14-Г <sub>2</sub>	М-14Г <sub>2</sub>
М-16-Б <sub>2</sub> (т)	МТ-16П	М-16-Г <sub>2</sub> (цс)	М-16Г <sub>2</sub> ЦС
М-8-Б <sub>2</sub>	М-8В <sub>2</sub>	М-20-Г <sub>2</sub>	М-20Г <sub>2</sub>
М-10-Б <sub>2</sub>	М-10В <sub>2</sub>	М-10-Д <sub>2</sub>	М-10Д
		М-16-Д <sub>2</sub>	М-16Д

Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение
М-10-В <sub>2</sub> (с)	М-10-В <sub>2</sub> С	М-10-Д <sub>2</sub> (м)	М-10ДМ
М-14-В <sub>2</sub>	М-14В <sub>2</sub>	М-8-Д <sub>2</sub> (м)	М-8ДМ
М-14-В <sub>2</sub> (з)	М-14В <sub>2</sub> З	М-10-Д <sub>2</sub> (цл20)	М-10ДЦЛ20
М-16-В <sub>2</sub>	(М16В <sub>2</sub> )М-16ИХП-3	М-6 <sub>3</sub> /14-Д <sub>2</sub> (м)	М6 <sub>3</sub> /14ДМ
М-20-В <sub>2</sub>	М-20В <sub>2</sub>	М-14-Д <sub>2</sub> (м)	М-14ДМ
М-20-В <sub>2</sub> (ф)	М-20В <sub>2</sub> Ф	М-14-Д <sub>2</sub> (цл20)	М-14ДЦЛ20
М-10-Г <sub>2</sub> (цс)	М-10Г <sub>2</sub> ЦС	М-14-Д <sub>2</sub> (цл30)	М-14ДЦЛ30

Нередко возникает необходимость решения вопросов взаимозаменяемости отечественных и зарубежных моторных масел, например, когда необходимо выбрать отечественное масло для импортной техники или зарубежное масло для экспортируемой отечественной техники. Общепринятой в международном масштабе стала классификация моторных масел по вязкости Американского общества автомобильных инженеров — SAE J300. Уровень эксплуатационных свойств и область применения, зарубежные производители моторных масел в большинстве случаев указывают по классификации API (Американский институт нефти). В справочных приложениях дается примерное соответствие классов вязкости и групп по назначению и эксплуатационным свойствам, изложенным в ГОСТе, классам вязкости по SAE и классам API по условиям и областям применения моторных масел. Следует подчеркнуть, что речь идет не об идентичности, а только об ориентировочном соответствии. Данные табл. 5.4 дают возможность, зная стандартную марку отечественного масла, выбрать его зарубежный аналог или, зная характеристики импортного масла по классификациям SAE J300 и API, найти его ближайший отечественный аналог. Классы вязкости SAE в большинстве случаев имеют более широкие диапазоны кинематической вязкости при 100 °С, чем классы вязкости по ГОСТ 17479.1-85. По этой причине одному классу SAE могут соответствовать два смежных класса по ГОСТ 17479.1-85. В таком случае предпочтительно указать аналог, имеющий самое близкое фактическое значение вязкости по проспектным данным или нормативной документации на данный продукт.

Классификация API подразделяет моторные масла на две категории: «S» (Service) — масла для бензиновых двигателей и «С» (Commercial) — масла для дизелей. Универсальные масла обозначают классами обеих категорий. Классы в категориях указывают буквы латинского алфавита, стоящие после буквы, обозначающей категорию. Например: SF, SH, CC, CD или SF/CC, CG/CD, CF-4/SH для универсальных масел.

Таблица 5.4

Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по  
ГОСТ 17479.1-85 и классификациям SAE и API

Класс вязкости		Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1-85	по SAE	по ГОСТ 17479.1-85	по SAE
1	2	3	4
3 <sub>3</sub>	5W	24	60
4 <sub>3</sub>	10W	3 <sub>3</sub> /8	5W-20
5 <sub>3</sub>	15W	4 <sub>3</sub> /6	10W-20
6 <sub>3</sub>	20W	4 <sub>3</sub> /8	10W-20
6	20	4 <sub>3</sub> /10	10W-30
8	20	5 <sub>3</sub> /10	15W-30
10	30		
12	30	5 <sub>3</sub> /12	15W-30
14	40	6 <sub>3</sub> /10	20W-30
16	40	6 <sub>3</sub> /14	20W-40
20	50	6 <sub>3</sub> /16	20W-40
Группа масла		Группа масла	
по ГОСТ 17479.1-85	по API	по ГОСТ 17479.1-85	по API
A	SB	Г <sub>2</sub>	CC
Б	SC/SA	Д <sub>1</sub>	SF
Б <sub>1</sub>	SC	Д <sub>2</sub>	CD
Б <sub>2</sub>	CA	Е <sub>1</sub>	SG
В	SD/CB	Е <sub>2</sub>	SF-4
В <sub>1</sub>	SD		SH*
В <sub>2</sub>	CB		SJ*
Г	SE/CC		CG-4*
Г <sub>1</sub>	SE		

\* Эти классы API не имеют аналогов в отечественной классификации.

Моторные масла, относящиеся к одному и тому же классу API, но производимые разными фирмами, могут существенно отличаться по составу базовых масел, типам используемых присадок и, следовательно, иметь специфические свойства, удовлетворять предъявляемые требования близко к предельным значениям или иметь запас качества. При выборе аналога по области применения и уровню эксплуатационных свойств обязательно должны быть приняты во внимание все специальные требования к моторному маслу со стороны изготовителя техники (например, ограничения по сульфатной зольности, отсутствие или, напротив, наличие определенного количества цинка, отсутствие в составе масла растворимых модификаторов трения, содержащих молибден и т.п.).

Согласно классификациям ГОСТ 17479.1-85 и API группу (класс) по уровню эксплуатационных свойств устанавливают только по результатам моторных испытаний масел в специальных одноцилиндровых установках и полноразмерных двигателях. Стендовые испытания проводят по стандартным методам. Чем выше присваиваемый маслу уровень эксплуатационных свойств, тем «строже» проходные оценки результатов испытаний или жестче условия их проведения. Для контроля стабильности качества серийно выпускаемых моторных масел их классификационные испытания проводят согласно требованиям ГОСТ 17479.1-85 не реже одного раза в два года. При этом определяют моющие, диспергирующие, противоизносные, антикоррозионные, антиокислительные свойства масел и их соответствие указанным в марках классам вязкости.

В случаях принципиальных изменений технологий производства моторных масел обязательно проводят сравнительные квалификационные испытания товарного масла-прототипа и опытного образца, выработанного по измененной технологии.

**Классификация и технические требования к моторным маслам для автомобильных двигателей ассоциации автомобильных инженеров Российской Федерации (ААИ) СТО ААИ 003-98.** Ассоциация автомобильных инженеров РФ разработала классификацию и общие технические требования к моторным маслам для автомобильных двигателей, которые рекомендует для всех ведомств, организаций и предприятий Российской Федерации независимо от форм собственности, осуществляющих производство моторных масел для автомобильных двигателей, а также выпускающих и эксплуатирующих эти двигатели.

**Классификация и обозначения.** Масла моторные для автомобильных двигателей классифицируют по вязкостно-температурным и эксплуатационным свойствам.

**Классификация по вязкостно-температурным свойствам.** Осуществляется в соответствии с международным стандартом SAEJ 300 в зависимости от вязкостных характеристик при положительных и отрицательных температурах (табл. 5.5).

Масла, имеющие в обозначении литеру «W», относятся к зимним. Например «SAE 10W», «SAE 5W». В обозначении летних масел литера «W» отсутствует, например, «SAE 20», «SAE 30».

Всесезонные моторные масла имеют двойное обозначение например: «SAE 10W-30», «SAE 15W-40».

Таблица 5.5

Классы вязкости моторных масел по SAEJ 300

Класс вязкости по SAE	Вязкости при низких температурах		Вязкость кинематическая при температуре 100 <sup>0</sup> C*** мм <sup>2</sup> /с(сСт)		Динамическая вязкость при 150 <sup>0</sup> C**** СПз
	Пусковые свойства* СПз при <sup>0</sup> C, не более	Прокачиваемость** СПз, при <sup>0</sup> C, не более	Не менее	Не более	Не менее
0W	6200 при минус 35 <sup>0</sup> C	60000 при минус 40 <sup>0</sup> C	3,8	-	-
5W	6600 при минус 30 <sup>0</sup> C	60000 при минус 35 <sup>0</sup> C	3,8	-	-
10W	7000 при минус 25 <sup>0</sup> C	60000 при минус 30 <sup>0</sup> C	4,1	-	-
15W	7000 при минус 20 <sup>0</sup> C	60000 при минус 25 <sup>0</sup> C	5,6	-	-
20W	9500 при минус 15 <sup>0</sup> C	60000 при минус 20 <sup>0</sup> C	5,6	-	-
25W	13000 при минус 10 <sup>0</sup> C	60000 при минус 15 <sup>0</sup> C	9,3	-	-
20	-	-	5,6	9,3	2,6
30	-	-	9,3	12,5	2,9
40	-	-	12,5	16,3	2,9 для 0/5/10W-40 3,7 для 15/20/25W-40 40
50	-	-	16,3	21,9	3,7
60	-	-	21,6	26,1	3,7

\* Методы ASTM D 5293 или ASTM D 2602  
 \*\* Метод ASTM D 4684  
 \*\*\* Метод ASTM D 445 или ГОСТ 33  
 \*\*\*\* Методы ASTM D 4683, CECL-36-A-90 (ASTM D 4741) или ASTM D 5481

Классы вязкости моторных масел, рекомендуемые для автомобильных двигателей в Российской Федерации в зависимости от сезонности применения приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Классы вязкости моторных масел в зависимости от сезонности применения

Классы вязкости	Сезонность применения
SAE 10W SAE 20W	зима, в северных районах зима, в средней полосе
SAE20, SAE30 SAE40, SAE50	лето, в средней полосе лето, в южных районах
SAE 0W-30, SAE 0W-40	всесезонно, в арктических районах
SAE 5W-30, SAE 10W-40	всесезонно, в средней полосе
SAE 10W-30, SAE 10W-40 SAE 15W-30, SAE 15W-40	всесезонно, в средней полосе
SAE 20W-40, SAE 20W-50	всесезонно, в южных районах

Температурные пределы применения моторных масел на конкретных моделях автомобилей определяет предприятие-разработчик этих автомобилей и указывает в инструкции по эксплуатации.

**Классификация масел по эксплуатационным свойствам.**  
**Обозначения моторных масел.** Моторные масла имеют буквенно-цифровое обозначение:

буква «Б» - для бензиновых двигателей;

буква «Д» - для дизелей;

цифры от «1» до «4» обозначают область применения масла (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Область применения масел

Обозначение по ААИ	Применение в двигателях
1	2
Масла для бензиновых двигателей	
Б1	Бензиновые двигатели грузовых автомобилей
Б2	Бензиновые двигатели легковых автомобилей выпуска до 1996 г.
Б3	Бензиновые двигатели легковых автомобилей выпуска после 1996 г.
Б4	Перспективные бензиновые двигатели, имеющие повышенные экологические показатели

Обозначение по ААИ	Применение в двигателях
1	2
Масла для дизелей	
Д1	Дизели грузовых автомобилей без наддува
Д2	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, дизели грузовых автомобилей без наддува, работающие в тяжелых условиях
Д3	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, работающие в тяжелых условиях и имеющие повышенные экологические показатели
* Введение новых эксплуатационных групп моторных масел будет производиться по мере формирования требований разработчиками автомобилей	

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях, должны иметь двойное обозначение. Первым указывается обозначение, определяющее область основного применения масла.

Например, «Д3/Б3» или «Б1/Д1».

Условные обозначения моторных масел разных предприятий-изготовителей отличаются фирменной торговой маркой.

Примеры условного обозначения моторных масел по ААИ:

Яр-Марка, SAE 20W, ААИ Б1;

Ангрол, SAE 30, ААИ Д2;

Уфалюб, SAE 10W-30, ААИ Б2/Д1, где Яр-Марка, Ангрол,

Уфалюб-торговая марка предприятия-изготовителя моторного масла; SAE 20W, SAE 30, SAE 10W-30 — класс вязкости по SAE;

Б1, Д1, Б2/Д1 — обозначение по ААИ.

Наряду с обозначениями моторных масел по ААИ могут применяться другие обозначения, соответствующие другим принятым классификациям.

Моторные масла одного предприятия-изготовителя, с одинаковыми эксплуатационными свойствами, но имеющие отличия по основным физико-химическим показателям должны отличаться торговым названием. Например: Уфалюб, SAE 15W-40, ААИ Б3/Д1 и Уфалюб Люкс, SAE 15W-40, ААИ Б3/Д1.

### 5.3. Марки, состав и применение моторных масел

В соответствии с классификацией по назначению рассмотрим **универсальные (единые) моторные масла**.

**М-6з/10-В** (ДВ АСЗ<sub>п</sub>-10В) — долгорботающее всесезонное масло получают загущением масляной основы типа АСВ-6 или АСВ-

5. Масло на основе АСВ-6 с температурой застывания минус 30<sup>0</sup>С загущают полиизобутиленом и вязкостной присадкой КП-10, а на основе АСВ-5 с температурой застывания минус 40<sup>0</sup>С загущают полиизобутиленом и композицией моющей, многофункциональной, антиокислительной, противоизносной, диспергирующей (сукцинимид) и антипенной присадок.

Масло на основе АСВ-6 применяют всесезонно без средств предварительного подогрева при температуре до минус 20<sup>0</sup>С, масло на основе АСВ-5 — при температуре до минус 30<sup>0</sup>С. При более низких температурах для пуска двигателей применяют средства предварительного подогрева.

По качеству масло М-6<sub>3</sub>/10-В превосходит масла группы В и может применяться для смазки высокофорсированных дизельных двигателей, (взамен масел М-8-Г<sub>2</sub>(к), М-10-Г<sub>2</sub>(к)), но с сокращенным сроком смены (например: срок смены масла М-6<sub>3</sub>/10-В в двигателя КамАЗ-740 - 12000 км).

Сроки смены масла в бензиновых двигателях — через 18000 км, в дизелях без наддува — через 15000 км. В ряде случаев может использоваться как моторно-трансмиссионное масло.

Дублирующие масла: М-4<sub>3</sub>/8-Г(рк), М-8-В, М-8-Г<sub>2</sub>(к), М-10-Г<sub>2</sub>(к), М-10-В<sub>2</sub>, М-4<sub>3</sub>/6-В<sub>1</sub>.

**М-4<sub>3</sub>/8-Г(рк)** получают загущением смеси масла АСВ-5(80 %) и диоктилового эфира себациновой кислоты (ДОС-20 %) полиметакрилатом (ПМА-Д). Содержит моющую и антиокислительную (сульфонаты и алкилсалицилаты), беззольную, моюще-диспергирующую (С-5А), противоизносную (ДФ-11) антипиттинговую (Б-1), защитную (Бетол-1), противопенную присадки, а также ингибитор коррозии (НГ-107М).

Масло М-4<sub>3</sub>/8-Г(рк) допущено к применению в высокофорсированных бензиновых и дизельных (без наддува) двигателях как универсальное всесезонное рабоче-консервационное моторное масло, обеспечивающее работоспособность двигателя в интервале температур окружающего воздуха от минус 35<sup>0</sup>С до плюс 50<sup>0</sup>С и консервацию двигателей в течение 15 лет.

Срок смены в бензиновых и дизельных двигателях соответственно 18000 км пробега и 500 ч. работы.

Дублирующие масла: М-4<sub>3</sub>/6-В<sub>1</sub>, М-6<sub>3</sub>/10-В, М-8-Г<sub>2</sub>(к), М-10-Г<sub>2</sub>(к).

Следующая группа масел - это **масла для бензиновых двигателей.**

**М-4<sub>3</sub>/6-В<sub>1</sub>** — загущенное полиметакрилатом маловязкое масло (веретенное АУ), полученное из сернистых нефтей, содержащее моющую, многофункциональную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки. Имеет хорошие моющие и вязкостно-температурные свойства. Применяется на среднефорсированных бензиновых двигателях всесезонно в холодном кли-

матическом районе и зимой — в умеренном климатическом районе. Может применяться в качестве зимней марки в некоторых типах дизелей, а также в качестве моторно-трансмиссионного масла.

Дублирующие масла: М-4<sub>3</sub>/8-Г(рк), М-8-В, М-6<sub>3</sub>/10-В.

**М-8-В** — масло селективной очистки из сернистых нефтей, полученное на основе дистиллятного и остаточного компонентов, содержащее многофункциональную, моющую, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую, депрессорную и антипенную присадки.

Применяется на современных среднефорсированных бензиновых двигателях в качестве всесезонной или зимней марки в умеренном климатическом районе. Может применяться на некоторых типах автотракторных дизелей без наддува. Дублирующее масло: М-4<sub>3</sub>/6-В<sub>1</sub> (АСЗп-6).

**М-8-Г<sub>1</sub>** (зимнее), **М-8-Г<sub>1</sub>** (летнее), **М-6<sub>3</sub>/10-Г<sub>1</sub>** (всесезонное) — масла селективной очистки, содержат композиции высокоэффективных присадок. Широко применяются на современных высокофорсированных бензиновых двигателях (ВАЗ, Москвич и др.).

**М-6<sub>3</sub>/12-Г<sub>1</sub>** готовят на основе смеси дистиллятных компонентов различной вязкости с добавлением присадок, обеспечивающих высокие противоизносные свойства. Применяются всесезонно в регионах с умеренными климатическими условиями при температуре от минус 20 °С до плюс 45 °С в высокофорсированных двигателях (ГАЗ, ВАЗ, Москвич).

**М-5<sub>3</sub>/10-Г<sub>1</sub>** готовится на основе базового масла АСВ-6 с добавкой вязкостной присадки и высокоэффективных композиций других присадок. Обладает хорошими эксплуатационными свойствам, применяется в высокофорсированных бензиновых двигателях и в первую очередь в автомобилях ВАЗ.

**М-12-ТП** получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением композиции присадок. Используют в составе топливо-масляной смеси в двухтактных бензиновых двигателях воздушного и водяного охлаждения, установленных на транспортных средствах и механизированных инструментах. Основные эксплуатационные характеристики некоторых моторных масел универсальных и для бензиновых двигателей даны в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Основные характеристики моторных масел универсальных и  
для бензиновых двигателей

Показатель	М-4 <sub>3</sub> /6-В <sub>1</sub> (АСЗп-6)	М-6 <sub>3</sub> /10-В (ДВ АСЗп-10В)	М-8-В	М-6 <sub>3</sub> /12Г <sub>1</sub>
1	2	3	4	5
Динамическая вязкость, Па·с, при температуре:				
- 30 °С	60	60	180	
- 20 °С	1,1-2,6 (при - 18 °С)	9,0 (при - 18 °С)	30	
- 15 °С	-	-	-	4500
- 10 °С	0,7	2,2	4,5	
Кинематическая вяз- кость, мм <sup>2</sup> /с, при темпе- ратуре, не более:				
0 °С	360	900	1200	
50 °С	22	44	50	
100 °С	6,0±0,5	10±0,5	8±0,5	≥ 12
- 18 °С				≤ 10400
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	165	190	200	210
Температура застыва- ния, °С, не выше	- 42	- 30	- 25	- 30
Термоокислительная ста- бильность по Папок при 250 °С, мин	40	50	30-70	
Моющие свойства по «ПЗВ», Баллы, не более	1,5	1,0	0,5	
Коррозионность на пла- стинах из свинца С1 или С2, г/м <sup>2</sup> , не более	5,0	4,0	10,0	Отс.
Зольность (сульфатная), %: не более	1,3	1,3	0,95	1,3
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	5,5	5,5	4,0	7,5

Показатель	М-4 <sub>3</sub> /6-В <sub>1</sub> (АСЗп-6)	М-6 <sub>3</sub> /10-В (ДВ АСЗп- 10В)	М-8- В	М- 6 <sub>3</sub> /12Г <sub>1</sub>
1	2	3	4	5
Минимальная температура холодного пуска двигателя, °С	- 30	- 20	- 15	
Индекс вязкости, не менее Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч:				115
15				-
20				-
30				Выдерж
Цвет, ед. ЦНТ, не более:				
без разбавления				7,5
с разбавлением 15 : 85				-
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более				900

### Масла для автотракторных дизелей.

**М-8-В<sub>2</sub>** (зимнее) — масло селективной очистки из сернистых нефтей на основе смеси дистиллятного и остаточного компонентов (М-8), содержащее около 8,5...10 % композиции моюще-диспергирующей, антиокислительной, противоизносной, антипенной присадок. Применяется на мало- и среднефорсированных автотракторных дизелях в качестве зимней марки.

**М-10-В<sub>2</sub>** (летнее) — масло селективной очистки из сернистых нефтей на основе дистиллятного и остаточного компонентов (М-10), содержащее аналогичные присадки, как в масле М-8-В<sub>2</sub>. Применяется на мало- и среднефорсированных автотракторных дизелях в качестве летней марки.

**М-8-Г<sub>2</sub>** (зимнее) и **М-10-Г<sub>2</sub>** (летнее) — представляют собой масла селективной очистки из сернистых нефтей на основе дистиллятного и остаточного компонентов соответственно М-8 и М-10, содержат моющую, многофункциональную, антиокислительную, противоизносную, антипенную присадки. Масло М-8-Г<sub>2</sub>, кроме того, содержит депрессорную присадку. Применяются на высокофорсированных быстроходных дизелях с умеренным наддувом соответственно зимой и летом.

Дублирующие масла: М-8-Г<sub>2</sub> (к) и М-10-Г<sub>2</sub> (к), М-6<sub>3</sub>/10-В.

**М-8-Г<sub>2</sub>(к)** (зимнее) и **М-10-Г<sub>2</sub> (к)** (летнее) представляют собой масла селективной очистки из сернистых нефтей на основе дистиллятного и остаточного компонентов соответственно М-8 и М-10. Содержат многофункциональную, моющую, антиокислительную и антипенную присадки. Применяются на высокофорсированных быстроходных дизелях с наддувом (КамАЗ, Икарус) соответственно зимой и летом. По эксплуатационным свойствам превосходят масла М-8-Г<sub>2</sub> и М-10-Г<sub>2</sub>. Дублирующие масла: М-8-Г<sub>2</sub>, М-10-Г<sub>2</sub>, М-6<sub>3</sub>/10-В.

**М-8-Д(М)** (зимнее) и **М-10-Д(М)** (летнее). Основу масла М-8-Д(М) составляет смесь 75 % М-6 и 8,4 % М-20, а М-10-Д(М) — более 80 % М-11. Масла содержат моющую, моюще-диспергирующую, антиокислительную, противоизносную, антипенную, депрессорную присадки. Предназначены для высокофорсированных дизелей с турбонаддувом, установленных на большегрузных карьерных автомобилях, самосвалах и тяжелых промышленных тракторах. При эксплуатации в зимних и летних условиях обеспечивают холодный запуск двигателя от минус 20 °С и минус 10 °С соответственно. Дублирующие марки:

М-8-Г<sub>2</sub> (к), М-10-Г<sub>2</sub> (к), М-6<sub>3</sub>/10-В.

**Масла для судовых, тепловозных и стационарных дизелей.**

**М-20-В<sub>2</sub> СМ** — остаточное масло селективной очистки из сернистых нефтей, содержащее моющую, антиокислительную, диспергирующую и антипенную присадки.

Предназначено для дизелей типа ЧН 16/17 и ЧН 18/20, форсированных, высокооборотных, облегченной конструкции, а также некоторых типов дизель-генераторов и компрессоров.

Дублирующая масло: М-20-В<sub>2</sub>(ф).

**М-10-Г<sub>2</sub>(цс), М-14-Г<sub>2</sub>(цс) и М-16-Г<sub>2</sub>(цс)** состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых или малосернистых нефтей, и композиции эффективных присадок. Предназначены для смазывания главных и вспомогательных тронковых дизелей судов морского транспортного, промышленного и речного флотов. Масло М-10-Г<sub>2</sub>(цс) используют также в циркуляционных системах крейцкопфных дизелей высокой степени форсирования, а масло М-16-Г<sub>2</sub>(цс) — для смазывания цилиндров тронковых и крейцкопфных дизелей с помощью лубрикаторов, когда массовая доля серы в применяемом топливе не более 1,5 %. Масло М-14-Г<sub>2</sub>(цс) широко применяют в тепловозных дизелях типа ЧН 26/26, стационарных дизель-генераторах с двигателями типа ЧН 40/48, дизель-редукторных агрегатах с двигателями типа ЧН 40/46. Масла марки Г<sub>2</sub>(цс) получили допуск к применению у зарубежных дизелестроителей.

**М-20-Г<sub>2</sub>** состоит из остаточного базового масла и композиции присадок, обеспечивающих надежное смазывание в специфических

условиях двухтактных дизелей. Предназначено для эксплуатации судовых и стационарных дизелей типа ДН 23/2х30.

**М-14-Д(р)** состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок, придающих маслу повышенную стойкость к старению. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН26/26 при работе на топливе с содержанием серы до 0,5 %. Обеспечивает значительное увеличение пробега без замены масла и увеличение срока службы элементов фильтров тонкой очистки по сравнению с маслами М-14Г<sub>2</sub> и М-14Г<sub>2</sub> (цс). Аналогично импортным маслам четвертого поколения.

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

**М-20-А (а)** (МС-20) — остаточное масло без добавления присадок. Применяют для смазывания судовых, тепловозных и стационарных дизелей, эксплуатируемых на малосернистом топливе.

#### **Масла для быстроходных транспортных дизелей.**

**М-8-В<sub>2</sub>(с)** — полусинтетическое масло на основе смеси дистиллятного масла АСВ-5 (80 %) и поли-альфа-олефинов (М-9С) (20%), содержащее моющую, противоизносную, антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки. Применяется на средне-нагруженных двухтактных быстроходных транспортных дизелях (кроме 5ТДФ и 6 ТД) в качестве всесезонного масла для северных районов. Обеспечивает холодный пуск двигателей от минус 30 °С.

Дублирующая масло: М-6<sub>3</sub>/10-В.

**М-12-В<sub>2</sub>(рк)** — полусинтетическое масло на основе смеси масла МС-20 (20 %) и поли-альфа-олефинов (М-9С) (80 %). Содержит моюще-диспергирующую, моющую, антиокислительную, антикоррозионную, вязкостную, защитную (ингибитор коррозии НГ-110М), антипенную присадки.

Применяется на быстроходных транспортных дизелях. Обеспечивает холодный пуск двигателей от минус 20 °С. Всесезонное рабоче-консервационное масло. Дублирующие масла: М-16-В<sub>2</sub> и М-16-Б<sub>2</sub>(т).

**М-14-Г<sub>2</sub>(к)** — масло селективной очистки из сернистых нефтей на основе смеси дистиллятного и остаточного компонентов. Содержит моющую, моюще-диспергирующую, антиокислительную, противоизносную и антипенную присадки.

Предназначено для быстроходных транспортных дизелей типа В-84, В-46, В-52, В-2, УТД-10, УТД-29 и их модификаций в качестве всесезонного масла взамен М-16-В<sub>2</sub> и М-16-Б<sub>2</sub>(т). Можно применять вместо масла М-10-Г<sub>2</sub>(к) для летней эксплуатации автотракторных

дизелей в регионах с продолжительным и жарким летом. Дублирующие масла: М-16-В<sub>2</sub>, М-16-В<sub>2</sub>(т), М-8-В<sub>2</sub>(с), М-12-В<sub>2</sub>(рк).

**М-16-В<sub>2</sub>(т)** (МТ-16п) вырабатывают из малосернистых нефтей компаундированием смеси остаточного и дистиллятного компонентов с композицией моющей, антиокислительной, депрессорной и антипенной присадок. С использованием новой более эффективной композиции присадок уровень эксплуатационных свойств масла М-16-В<sub>2</sub>(т) превышает требования к маслам группы Б.

Применяют для смазывания транспортных дизелей типа В-2 и аналогичных по уровню форсирования безнаддувных двигателей.

Дублирующие масла: М-14-Г<sub>2</sub>(к), М-12-В<sub>2</sub>(рк), М-16-В<sub>2</sub>.

**М-6<sub>3</sub>/10-В<sub>2</sub>** (МТЗ-10П) готовят на основе маловязкого дистиллятного компонента с нормированным фракционным составом путем загущения полимерной вязкостной присадкой (КР-10). Содержит моюще-диспергирующую, антиокислительную, антикоррозионную, депрессорную и антипенную присадки.

Применяют преимущественно для зимней эксплуатации транспортных дизелей (В-2) невысокой степени форсирования. Может применяться на многоосных большегрузных автомобилях МАЗ-543, МАЗ-7310 и др.

Дублирующие масла: М-12-В<sub>2</sub>(рк), М-8-В<sub>2</sub>(с).

**М-16-В<sub>2</sub>** (М-16ИХП-3) — масло селективной очистки на основе дистиллятного и остаточного компонентов М-16. Содержит многофункциональную, моюще-диспергирующую, антиокислительную, антикоррозионную, депрессорную и антипенную присадки. Применяется для быстроходных транспортных дизелей с наддувом. Обеспечивает холодный пуск двигателя от минус 5 °С.

Дублирующие масла: М-14-Г<sub>2</sub>(к), М-12-В<sub>2</sub>(рк), М-16-В<sub>2</sub>(т).

Основные эксплуатационные характеристики некоторых моторных масел для дизелей даны в табл. 5.9.

Таблица 5.9  
Основные характеристики моторных масел для дизелей

Показатели	М-8Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub> к	М-10Г <sub>2</sub> к	М-8В <sub>2</sub>	М-10В <sub>2</sub>	М-16В <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при температуре:							
100 °С	8,0 ± 0,5	11,0 ± 0,5	8,0 ± 0,5	11,0 ± 0,5	8,0 ± 0,5	11,0 ± 0,5	16 ± 1
40 °С					-	-	-
0 °С, не более	1200	-	1200	-	1200	-	-
-12 °С, не более	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 5.9

Показатели	М-8Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2к</sub>	М-10Г <sub>2к</sub>	М-8В <sub>2</sub>	М-10В <sub>2</sub>	М-16В <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Индекс вязкости, не менее	85	85	95	95	85	85	85
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	205	210	220	200	205	200
застывания, не выше	-25	-15	-30	-18	-25	-15	-15
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м <sup>2</sup> , не более	Отсутствует				10,0	10,0	5,0
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0	-
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	60	90	65	65	50	80	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0	6,0	6,0	6,0	3,5	3,5	3,5
Зольность сульфатная, % (мас. доля), не более	1,65	1,65	1,15	1,15	1,3	1,3	0,6
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), выдерживает, ч	35	40	35	50	30	30	-
Цвет с разбавлением 15 : 85, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	3,0	3,0	4,5	4,5	-
без разбавления					-	-	6,0
Плотность при 20 °С кг/м <sup>3</sup> , не более	905	905	905	900	905	905	-
Массовая доля механических примесей, % не более					0,015	0,015	0,025
Массовая доля активных элементов, % не менее:							
кальция	0,15	0,15	0,19	0,19	0,08	0,08	-
бария	0,45	0,45	-	-	0,18	0,18	-
цинка	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	-
фосфора	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	-
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	450	500	500	500	-

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Расскажите о назначении моторных масел.
2. Назовите основные смазываемые узлы и детали поршневого двигателя.
3. Назовите основные элементы системы смазки.
4. Назовите классификацию масел по назначению и способам производства.
5. Назовите классификацию моторных масел согласно ГОСТ 17479.1-85.
6. Назовите группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85).
7. Назовите классификацию моторных масел по вязкости — SAE J300.
8. Приведите примеры марок и состава универсальных моторных масел.
9. Приведите примеры марок и состава моторных масел для бензиновых двигателей.
10. Приведите примеры марок и состава моторных масел для дизелей.

## ГЛАВА 6. ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

В соответствии с ГОСТ 26098-84 (Нефтепродукты. Термины и определения) к трансмиссионным маслам относятся нефтяные смазочные масла для механических и гидромеханических трансмиссий.

Трансмиссионные масла, предназначенные для смазывания механических трансмиссий автомобилей, тракторов, тягачей, дорожных и других машин, выполняют следующие функции: снижают износ трущихся деталей, уменьшают потери энергии на трение, отводят тепло от трущихся поверхностей, защищают детали механизмов от коррозии. Масла, предназначенные для работы в гидротрансмиссиях, кроме того, выполняют функцию рабочего тела, передающего усилия. К агрегатам трансмиссии относятся: коробки передач, раздаточные коробки, ведущие мосты, зубчатые передачи рулевого управления и др. Смазываемыми деталями в основном являются зубчатые передачи: цилиндрические, конические, планетарные, гипоидные, червячные. Большинство зубчатых зацеплений смазывается разбрызгиванием масла, находящегося в картере, а в агрегатах некоторых машин (автомобили УРАЛ-375, ВАЗ и др.) осуществляется комбинированная смазка, когда одновременно с разбрызгиванием масло подается насосом к подшипникам и зубьям шестерен.

Объем производства трансмиссионных масел значительно меньше объема производства моторных масел, однако, по значимости для постоянной готовности военной техники они не уступают моторным маслам.

В последние годы наметилась тенденция, и проводятся интенсивные исследования по созданию так называемых «моторно-трансмиссионных» масел - единых масел, способных обеспечивать смазку деталей двигателя и агрегатов трансмиссии.

### **6.1. Условия применения и требования к качеству трансмиссионных масел**

Условия работы зубчатых передач характеризуется высоким давлением в местах контакта зубьев, относительно большими скоростями перемещения трущихся поверхностей и значительным выделением тепла в зубчатых зацеплениях. Трущиеся детали зубчатых передач, как правило, работают на режиме граничной смазки: жидкостное трение возникает при благоприятных условиях в цилиндрических и конических зубчатых передачах. Наиболее типичным повреждением шестерен является износ по толщине зуба вследствие истирания, заедания и выкрашивания.

В обычных зубчатых передачах (цилиндрические, конические) удельное давление в полосе зацепления зубьев составляет 600...2000 МПа, а гипоидных передачах достигает 4000 МПа и более.

В цилиндрических и конических передачах сектор скорости направлен по профилю зуба вдоль эвольвентной образующей нормально к линии контакта, вследствие чего трущиеся поверхности при вращении колес взаимно обкатываются практически без скольжения, т.е. в полосе зацепления имеет место трение касания. В отличие от этого в гипоидных передачах происходит дополнительное скольжение вдоль зуба вследствие разности между скоростями качения и скольжения (так называемое явление проскальзывания). Поэтому абсолютное значение результирующей скорости скольжения в гипоидных передачах больше, чем в передачах с обычным зацеплением и достигает 15 м/с. Чем больше скорость скольжения на поверхности контактирующих зубьев, тем больше скорости сдвига действуют на смазочный слой.

Удельные давления и скорости относительного скольжения в парах трения агрегатов трансмиссии являются важными эксплуатационными факторами, обуславливающими необходимость обеспечения высоких противоизносных свойств трансмиссионных масел.

Следующим по важности фактором, характеризующим условия работы трансмиссионного масла, является температура. Температура масла в агрегатах трансмиссий изменяется в широких пределах. В момент начала работы агрегата после длительной остановки она равна температуре окружающего воздуха. При установившемся режиме работы температура масла зависит от количества энергии, расходуемой на трение в агрегате, и от интенсивности отвода тепла в окружающую среду.

Рабочая температура масла в картере зависит от количества энергии, выделяемой при трении зубьев передач, температуры окружающего воздуха, вязкости масла и его объема. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий меняется в широких пределах – от температуры окружающей среды в момент начала работы до 120...130 °С и даже 150 °С. В агрегатах трансмиссий большегрузных автомобилей с колесной формулой 8х8 в жаркой климатической зоне температура масла повышается до 160...179 °С (и даже 200 °С).

Рабочая температура повышается с увеличением частоты вращения шестерен, а при одной и той же частоте — с увеличением вязкости масла.

При оценке температурного режима работы масла в агрегатах трансмиссии различают три наиболее характерные рабочие температуры:

1. минимальную — в момент начала работы агрегата после длительного перерыва, равную наиболее низкой температуре окружающего воздуха;

2. среднюю эксплуатационную - наиболее вероятную во время работы агрегата за весь период эксплуатации 120...130 °С, а иногда 150 °С).

3. максимальную — температуру масла во время работы агрегата при наиболее высоких температурах воздуха;

Средние значения минимальной, максимальной и средней эксплуатационных температур масла в картере ведущего моста грузовых автомобилей при их работе в различных климатических условиях указаны в табл. 6.1.

Таблица 6.1  
Температура масла (в °С) в картере ведущего моста грузовых автомобилей

Климатическая зона	Минимальная		Максимальная		Средняя январская
	зимой	летом	зимой	летом	
холодная	-60	0	+30	+40-45	ниже 0
умеренная	-40	0	+30	+50-60	+10-20
жаркая	-10	0	+30	+80-100	выше 20

Наряду с рабочей температурой необходимо учитывать температуру в зоне трения.

Температура масла в зоне контакта поверхности трения зубчатых зацеплений может значительно отличаться от температуры масла в объеме (в картере), которые приведены в табл.36 и достигает величин 150...200 °С. Повышение температуры связано с адиабатическим сжатием пленки масла в момент контакта зубьев и тепловыделением в поверхностном слое металла за счет трения.

Особенно высокие температуры развиваются в условиях граничной смазки, когда имеет место непосредственный контакт выступов сопряженных поверхностей. Так, в гипоидных передачах температура в зоне контакта может превышать температуру масла в объеме на 150...250 °С. При таких высоких температурах масла может происходить сваривание металла и задиры зубьев. Температура, при которой наступает задирание зубьев, называют температурой тепловой вспышки.

Температура тепловой вспышки находится в прямой зависимости от произведения  $f \cdot p \cdot v$ , которое характеризует интенсивность тепловыделения при трении, где  $f$  - коэффициент трения;  $p$  — удельное давление;  $v$  — скорость скольжения.

Чем больше величина  $f \cdot p \cdot v$ , тем выше температура нагрева масляной пленки и тем тяжелее условия работы масла. Для каждого масла, работающего в узле трения, характерна определенная величина  $f \cdot p \cdot v$ , выше которой наступает задиры зубьев шестерен. Для современных трансмиссионных масел наименьшие температуры тепловой вспышки, выше которой начинается задиры зубьев, составляет 320...350 °С.

Температура масляной пленки в зоне контакта зависит не только от интенсивности тепловыделения и охлаждения поверхности трения за время одного контакта до начала следующего. Здесь важна длительность охлаждения. Она тем больше, чем меньше частота вращения шестерен (меньше и периодичность контакта). Большое влияние на охлаждение поверхности оказывает масло. С уменьшением его вязкости теплоотвод увеличивается.

Исходя из условий применения, к маслам для механических трансмиссий предъявляются следующие требования:

- Масла должны иметь высокие *антифрикционные, противоизносные и противозадирные* свойства, имеющие наибольшее значение для трансмиссионных масел. От этих свойств, при прочих равных условиях, зависит режим смазки, а также долговечность и экономичность работы зубчатого зацепления.

- Необходимо чтобы вязкость масел была оптимальной. С одной стороны она должна быть невысокой, чтобы агрегат трансмиссии работал без значительных потерь энергии на трение и с другой стороны, достаточно большой, чтобы предотвратить утечку масла из агрегата и обеспечить минимальную несущую способность масляного слоя - гарантировать гидродинамический режим или отсутствие задира поверхностей трения в условиях граничного трения, когда гидродинамический режим смазки не осуществится (должна быть в пределах  $8 \dots 33 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ).

При рабочей температуре, совпадающей с минимальной температурой воздуха в районе эксплуатации техники, вязкость масла должна обеспечивать свободное трогание машин с места после продолжительной стоянки (быть не меньше  $5000 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ).

Высокие противоизносные и особенно противозадирные свойства трансмиссионным маслам придают добавлением в них высокоэффективных присадок, содержащих активные элементы: серу, фосфор, хлор.

- Масла, длительное время работающие в агрегатах трансмиссии при повышенных температурах и высоких давлениях, подвергаются окислению одновременно в зоне контакта трущихся поверхностей и в объеме. Процесс окисления масла ускоряется от каталитического воздействия металлов, особенно цветных. Поэтому трансмиссионные масла должны иметь *высокую химическую (термоокислительную) стабильность*.

- В целях предотвращения атмосферной коррозии деталей трансмиссии машин, находящихся на длительном хранении, трансмиссионные масла должны обладать *хорошими защитными свойствами*.

На технике все более широкое применение находят гидродинамические трансмиссии, состоящие из следующих основных узлов: гидротрансформатора или гидромуфты, шестереночной (механической) коробки передач и системы автоматического управления.

Масло в гидродинамических трансмиссиях выполняет одновременно две функции: обеспечивает смазку зубчатых передач и является в тоже время рабочей жидкостью в гидротрансформаторах, гидромуфтах, гидроусилителях и регуляторах.

Удельное давление в гидромеханических трансмиссиях меньше, чем на зубьях шестерен механических трансмиссий, и не превышает 600...800 МПа. Это, однако, не означает, что условия работы масел в гидромеханических трансмиссиях «легче», чем в механических.

Нагруженность шестерен в агрегатах гидромеханической трансмиссии определяется не только величиной передаваемого максимального крутящего момента, но и дополнительным нагружением, возникающим от воздействия инерции вращающихся масс передач, а также инерции массы поступательного движения самой машины. Эти инерционные моменты являются источником относительно больших дополнительных нагрузок на зубья шестерен. Скорости скольжения в местах контакта зубьев шестерен, которые устанавливаются в планетарных коробках передач гидромеханических трансмиссий, такие как у обычных механических передач — 1,5...5 м/с.

Температура масла, работающего в гидромеханических трансмиссиях, изменяется в более широком интервале, чем у масла для механических трансмиссий. Если минимальные рабочие температуры обоих масел совпадают, то средние эксплуатационные и максимальные рабочие температуры первого из масел значительно выше.

Объясняется это конструктивными особенностями передачи. В частности, когда с двигателя снимается большая мощность, чем это необходимо для преодоления дорожных сопротивлений, избыточная мощность расходуется на внутреннее трение масла. Высокие скорости потоков масла, образующихся в гидромуфтах, гидротрансформаторах (до 80...100 м/с), также служат источником повышения температуры масла.

Максимальная температура масла в гидромеханических передачах обычно колеблется в пределах 90...130 °С. В особо жестких условиях, при местных кратковременных перегрузках она может достигать 150 °С.

Исходя из условий применения, к маслам для гидромеханических трансмиссий предъявляются следующие основные требования:

- высокие антифрикционные свойства. Вязкость во всем диапазоне эксплуатационных температур должна обеспечивать максимальный коэффициент полезного действия передачи и возможность работы трансмиссии при низких температурах окружающей среды. Одновременно нижний предел вязкости должен исключать возможность утечки масла через уплотнения. Практикой эксплуатации и результатами исследований установлено, что для гидромеха-

нических трансмиссий следует применять масла с вязкостью при  $+100^{\circ}\text{C}$  в пределах  $4...5 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

- высокие противоизносные свойства. Требования к противоизносным свойствам масел для гидромеханических трансмиссий в основном предъявляются те же, что и к обычным трансмиссионным маслам. Однако, исходя из особенностей конструкции агрегатов и условий работы масла в них, к маслам для гидромеханических трансмиссий предъявляются более жесткие требования. Это обуславливается тем, что масла работают при более высоких температурах и наличием новых узлов трения, отсутствующих в механических трансмиссиях: многодисковые фрикционные муфты свободного хода, упорные шайбы, шестеренчатые насосы, сервомеханизмы, системы автоматического регулирования и другие.

Кроме трения стали по стали, характерного для механических трансмиссий, в гидромеханических имеются и другие трущиеся пары: сталь по бронзе, сталь по металлокерамике и т.д. Большое разнообразие материалов сопряженных трущихся пар затрудняет подбор масла для гидромеханических трансмиссий и присадок, обеспечивающих защиту от износа всех имеющихся в гидропередаче трущихся пар.

- необходимые фрикционные свойства, чтобы обеспечивать нормальную работу дисков сцепления и тормозных лент без пробуксовывания и схватывания. То есть масло должно обеспечивать контакт трущихся поверхностей дисков сцепления при сравнительно высоком коэффициенте трения (от  $0,1...0,12$  до  $0,16...0,18$ ). При коэффициенте трения, меньшем  $0,1$  работа дисков сцепления сопровождается их пробуксовыванием, что приводит к перегреву дисков и к выходу их из строя. При коэффициенте трения, большем  $0,18$  сцепление фрикционных дисков сопровождается рывками, что также вызывает их преждевременный выход из строя. Улучшение фрикционных свойств масла достигается добавлением или специальных присадок, совмещающих несколько функций.

- высокую стабильность, не корродировать металлические детали системы, а также не разрушать резиновые и другие уплотнения, не вспениваться.

Высокая температура масла в гидромеханических трансмиссиях, непосредственный контакт его со сравнительно большим количеством воздуха в присутствии разнообразных каталитически активных материалов вызывает более быстрое окисление масла, происходящее в объеме, в тонком слое и в туманообразном состоянии, чем в механических трансмиссиях. При окислении масла нарушается нормальная работа отдельных узлов гидропередачи (например, дисков сцепления, тормозных лент). Чем быстрее окисляется масло, тем раньше начинают неустойчиво работать диски сцепления. На окисляемость масла в гидромеханических трансмиссиях большое влияние оказывают их конструктивные особенности, а также условия эксплу-

атации машины. Например, езда по городу с частыми остановками в большей степени ускоряет окисление масла, чем при движении за городом.

Чтобы предотвратить окисление масла и уменьшить отложения на деталях гидропередачи, к маслам добавляют антиокислительные и моющие присадки.

Детали агрегатов гидропередачи выполнены из различных металлов и сплавов. Наиболее подвержены коррозии детали, изготовленные из сплавов цветных металлов, в особенности те из них, работа которых сопряжена с действием переменных нагрузок (диски сцепления, тормозные ленты, клапана и золотники системы управления и др.). Чтобы предотвратить коррозионное разрушение деталей гидропередачи в масло добавляют антикоррозионные присадки.

Для обеспечения нормальной работы гидропередачи важно сохранение постоянного уровня масла в картере и недопущение утечки масла. Поэтому необходимо, чтобы масло не оказывало разрушающего воздействия на материалы уплотнительных устройств, оно не должно вызывать чрезмерного набухания или усадки резиновых деталей, приводящих к утечке масла. Большое влияние на резиновые детали уплотнительных устройств оказывают химический состав масла и состав резины. Например, дистилляты парафинового основания обычно вызывают усадку резиновых сальников, в то время как дистилляты нафтенного и особенно ароматического основания вызывают их набухание. Считается недопустимым, если масла вызывают набухание резины от 1 до 6 %, меньше других материалов набухают в минеральных маслах уплотнения, изготовленные из силиконового каучука, сохраняющие одновременно работоспособность в широком интервале температур (от минус 50 до 10 °С).

Образование большого количества пены в масле нарушает работу автоматики системы управления. Кроме того, такое масло из-за резкого увеличения площади контакта с воздухом подвергается интенсивному окислению. На величину пенообразования оказывают большое влияние химические свойства масла. Так, противопенные свойства масла могут ухудшаться при введении в него противоизносных, загущающих и особенно моющих присадок. Этот показатель зависит также от поверхностного натяжения и плотности масла. Склонность масла к образованию пены возрастает с повышением температуры.

Для улучшения противопенных свойств масел к ним добавляют присадку ПМС-200А, эффективно действующую в небольших концентрациях (не выше 0,005 %).

## **6.2. Классификация трансмиссионных масел**

Среди трансмиссионных масел, используемых в России, наибольшее распространение имеют масла для агрегатов трансмис-

сии автомобильной, бронетанковой авиационной техники (табл. 6.2).

Таблица 6.2  
Трансмиссионные масла для автотракторной техники

Группа	Трансмиссионные масла			
	Для автомобильной, инженерно-строительной техники	Для гусеничной техники	Для тяжелой колесной техники	Для авиационной техники
Марки	ТСп-10 ТАП-15В ТСп-15К ТСз-9гип ТСп-14гип ТСгип ТМ-5-12 рк ТАД-17и А МГТ Р	ЦИАТИМ-208 ТСЗп-8 МС-20С М-16А(т) (МТ-16п)	ТСз-9гип ТСп-10 ТСп-15К ТАП-15В М-16А(т) (МТ-16п)	ВНИИ НП-25 (шарнирное) ТСгип

Многообразие требований к трансмиссионным маслам в зависимости от области применения и обилие марок, приводят к необходимости обобщения различных спецификаций и создания единой классификационной системы обозначения этих масел. В настоящее время за рубежом действует несколько классификаций трансмиссионных масел. В РФ для разделения по классам вязкости и эксплуатационным группам, а также для установления стандартных обозначений минеральных трансмиссионных масел принят ГОСТ 17479.2-85. С помощью буквенных и цифровых знаков определяют соответствующую принадлежность масла к классу и группе вязкости. В зависимости от уровня вязкости трансмиссионные масла разделяют на четыре класса (табл. 6.3).

Таблица 6.3  
Классификация трансмиссионных масел по уровням вязкости

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С	Динамическая вязкость 150 Па с не выше, °С
9	6,00-10,99	Минус 45
12	11,00-13,99	Минус 35
18	14,00-24,99	Минус 18
34	25,00-41,00	-

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100 °С, и отрицательная температура, при которой еще обеспечивается надежная работа трансмиссий (зубчатых зацеплений в механических коробках передач, раздаточных коробок, ведущих мостах и других агрегатах), так как динамическая вязкость при этой температуре не превышает 150 Па·с.

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей, тракторов и другой мобильной техники их относят к 5 группам, указанным в табл.6.4.

Таблица 6.4

Группы трансмиссионных масел

Группа масел	Наличие присадок	Область применения, контактные напряжения и температура масла в объеме
1	2	3
ТМ – 1	Без присадок	Прямозубые, конические и червячные передачи; Р до 1600 МПа, Т до 90 °С
ТМ - 2 ТМ – 3	Противоизносные присадки	Прямозубые, спирально-конические и другие передачи; Р до 2100 МПа, Т до 120 °С
ТМ – 4	Противозадирные присадки умеренной эффективности	
ТМ - 5	Противозадирные высокоэффективные присадки	То же; Р до 2500 МПа, Т до 150 °С
	Противозадирные и противоизносные высокоэффективные присадки и многофункциональные композиции присадок	Различные трансмиссии, включая гипоидные; Р до 3000 МПа, Т до 150 °С Гипоидные передачи; Р > 3000 МПа, включая ударные нагрузки и Т до 150 °С

ГОСТ 17479.2-85 предусматривает также буквенную аббревиатуру ТМ (трансмиссионное масло) и 3 — загущенное. Например, масло ТМ-5-9з означает: трансмиссионное масло пятой эксплуатационной группы (т.е. высокоэффективными противозадирными и противоизносными присадками или эффективной многофункциональной композиции присадок), девятого класса вязкости, содержащее вязкостную (загущенную) присадку.

Соотношение продуктов действующего ассортимента трансмиссионных масел, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями по разным нормативно-техническим документам, приведено в приложении 1 к ГОСТ 17479.2-85 (табл. 6.5).

Таблица 6.5  
Обозначение трансмиссионных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.2 - 85	Существующие обозначения	Нормативно-техническая документация
1	2	3
ТМ-1 - 18	ТС-14,5	ТУ 38.101110 - 81
ТМ-1 - 18	АК-15	ТУ 38.001280 - 76
ТМ-2 - 9	ТСп-10 ЭФО	ТУ 38.101701 - 77
ТМ-2 - 18	ТЭп-15	ГОСТ 23652 - 79
ТМ-2 - 34	ТС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3 - 9	ТСЗп-8	ТУ 38.1011280-89
ТМ-3 - 18	ТСп-10	ГОСТ 23652 - 79
ТМ-3 - 18	ТСп-15К	ГОСТ 23652 - 79
ТМ-4 - 9з	ТАП-15В	ГОСТ 23652 - 79
ТМ-4 - 18	ТСз-9 гип	ОСТ 38.01158 - 78
ТМ-4 - 34	ТСп-14 гип	ГОСТ 23652 - 79
ТМ - 5 - 12	ТС гип	ТУ 38.101844 - 80
ТМ - 5 - 18	ТМ-5-12рк	ТУ 38.101844 - 80
	ТАД-17и	ГОСТ 23652 - 79

Масло группы ТМ-1 и ТМ-2 практического применения не нашли ввиду низкого уровня их смазывающих свойств.

Классификация отечественных трансмиссионных масел по вязкости, эксплуатационным свойствам и температуре применения представлена в таблице 6.6.

Таблица 6.6  
Классификация отечественных трансмиссионных масел по вязкости, эксплуатационным свойствам и температуре применения

Класс вязкости	Группа по эксплуатационным свойствам					Температурные условия применения, °С
	ТМ-1	ТМ-2	ТМ-3	ТМ-4	ТМ-5	
9	-	ТМ-2-9	ТМ-3-9	ТМ-4-9	ТМ-5-9	-60— +25
12	-	ТМ-2-12	ТМ-3-12	ТМ-4-12	ТМ-5-12	-50— +30
18	ТМ-1-18	ТМ-2-18	ТМ-3-18	ТМ-4-18	ТМ-5-18	-35— +35
34	ТМ-1-34	ТМ-2-34	ТМ-3-34	ТМ-4-34	ТМ-5-34	-20— +45

Масло, относящееся к классу «9», по вязкости рекомендуется для использования в условиях Арктики, «12» — в условиях Севера, «34» — в тропических условиях. По предлагаемой классификации масло, обозначаемое как ТМ-3-9, означает — трансмиссионное масло для смазывания тяжело нагруженных трансмиссий, работающих при контактных напряжениях до 2500 МПа и температура масла в объеме до 150 °С и относящееся к классу «9» по вязкости.

За рубежом (страны Западной Европы, США) используется разработанная в США, классификация трансмиссионных масел по вязкости — классификация трансмиссионных масел SAE, и условиям применения - классификация API.

Принятое за рубежом деление моторных масел в зависимости от их вязкости (классификация SAE) и назначения (классификация API) распространено и на трансмиссионные масла. Классификация трансмиссионных масел по SAE J 306C приведена в таблице 6.7

Таблица 6.7

Классы вязкости по SAE

Класс вязкости	Максимальная температура °С, при которой вязкость равна 150 Па·с	Вязкость кинематическая при 99 °С, мм <sup>2</sup> /с	
		минимальная	максимальная
5	-40	4,3	-
80	-26	8,0	-
85	-12	11,0	-
90	-	14,0	25,0
140	-	25,0	43,0
250	-	43,0	-

По этой классификации все масла в зависимости от их вязкости при 99 °С делятся на шесть указанных сортов. Кроме того, по классификации допускается использование всесезонных масел. Наиболее часто применяют масло SAE 80W-90 с минимальной вязкостью 14 мм<sup>2</sup>/с при 99 °С и SAE 85W-140 с минимальной вязкостью 25 мм<sup>2</sup>/с при 99 °С. Приблизительное соответствие классификации по классам вязкости отечественных масел классификации по SAE приведено в таблице 6.8.

Таблица 6.8

Соответствие классов вязкости трансмиссионных масел по  
ГОСТ 17479.2-85 и классификации SAE

Класс вязкости по ГОСТ 17479.2-85	Класс вязкости по SAE
1	2
9	75W
12	80W/85W
18	90
34	140

По классификации Американского нефтяного института API, разработанной в 1966 г., трансмиссионные масла в зависимости от конструкции агрегатов и условий их эксплуатации разделены на шесть групп. Классификация по API и их соответствие по ГОСТ 17479.2-85 приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9

Соответствие групп моторных масел по ГОСТ 17479.2-85 и  
классификации API

Условия эксплуатации автомобилей	Конструктивные особенности агрегата трансмиссий	Присадки
<b>Группа GL – 1 (соответствует ТМ-1)</b>		
Мягкие условия при невысоких нагрузках и скоростях скольжения	Механические коробки передач с ручным переключением, главные передачи ведущих мостов со спирально-коническими и червячными шестернями	Масла без противоизносных присадок (допускается введение депрессорных, антиокислительных, защитных и антипенных присадок)
<b>Группа GL – 2 (соответствует ТМ-2)</b>		
Более жесткие условия при тяжелых нагрузках и высоких скоростях скольжения	Главные передачи ведущих мостов грузовых автомобилей с червячными шестернями	Присадки с очень мягкими противоизносными свойствами

Условия эксплуатации автомобилей	Конструктивные особенности агрегата трансмиссий	Присадки
Группа GL – 3 (соответствует ТМ-3)		
Умеренно жесткие условия по нагрузкам и скоростям скольжения	Главные передачи ведущих мостов автомобилей со спирально-коническими шестернями, некоторые механические коробки передач с ручным переключением	Мягкие противозадирные присадки
Группа GL – 4 (соответствует ТМ-4)		
Тяжелые условия по нагрузкам и скоростям скольжения	Главные передачи ведущих мостов автомобилей со спирально коническими шестернями, некоторые механические коробки передач с ручным переключением	Умеренные противозадирные присадки
Группа GL - 5 (соответствует ТМ-5)		
Очень тяжелые условия по нагрузкам (в сочетании с ударными нагрузками) и скоростями скольжения	Главные передачи ведущих мостов легковых и грузовых автомобилей с гидроидными шестернями, некоторые механические коробки передач	Мощные противозадирные присадки
Группа GL - 6 (соответствует ТМ-6)		
Очень тяжелые условия при особенно высоких скоростях скольжения и ударных нагрузках	Главные передачи ведущих мостов автомобилей с гидроидными шестернями с большим сдвигом осей (более 50 мм и 25 % от диаметра ведомой шестерни)	Мощные противозадирные присадки

### **6.3. Трансмиссионные масла общего назначения и для гипоидных передач**

Трансмиссионные масла общего назначения объединены в группу ТМ-3. К ним относятся масла ТСП-10, ТАП-15В, ТСП-15К.

**ТСП-10** (ТМ-3-9) ГОСТ 23652 — масло трансмиссионное северное, смесь деасфальтизата с низkozастывающим маловязким дистиллятным компонентом с низкой температурой застывания, содержащая противозадирную, антипенную присадки и депрессатор.

Рекомендуется в качестве всесезонного масла при температуре окружающего воздуха до минус 45 °С для агрегатов трансмиссий и редукторов, имеющих цилиндрические, конические и спирально-конические передачи при контактных напряжениях до 2500 МПа и скоростях скольжения до 15...17 м/с.

При отсутствии масла ТСП-10 разрешается применять масло марок ТСП-15К или Тап-15В с 10-20 % дизельного зимнего или арктического топлива по ГОСТ 305-82. Смесь по эксплуатационным свойствам равноценна маслу марки ТСП-10, обеспечивает эксплуатацию техники при температуре окружающего воздуха до минус 55 °С.

**ТАП-15В** (ТМ-3-18) ГОСТ 23652: смесь экстрактов остаточных масел фенольной очистки и дистиллятных масел, содержащая противозадирную присадку и депрессатор.

Рекомендуется для всесезонного применения при температуре окружающего воздуха до минус 25 °С в агрегатах трансмиссий и зубчатых редукторах, имеющих цилиндрические, конические и спирально-конические передачи, при контактных напряжениях до 2500 МПа и скоростях скольжения до 15...17 м/с. Совместимо в любых соотношениях с маслами марок ТСП-15К и ТСП-10.

**ТСП-15К** (ТМ-3-18К) ГОСТ 23652: смесь остаточного и дистиллятного масел селективной очистки с противозадирной, противоизносной, антиокислительной, депрессорной и антипенной присадками.

Рекомендуется для всеоюзного применения в агрегатах трансмиссий автомобилей и других машин и зубчатых редукторах (кроме гипоидных), работающих при температуре окружающего воздуха до минус 30 °С, контактных напряжениях до 2500 МПа и скоростях скольжения до 15...17 м/с.

Трансмиссионные масла для гипоидных передач объединены в группу ТМ-4. К ним относятся масла ТСз-9гип, ТСП-14гип, ТСгип.

**ТСз-9гип** (ТМ-4-9) ТУ 381011238: смесь маловязкого низkozастывающего масла с остаточным высоковязким маслом, загущенная низкомолекулярным полимером, содержащая противозадирную присадку, ингибитор коррозии, депрессатор и антипенную присадку. Рекомендуется для агрегатов трансмиссий автомобилей, бронетранспортеров и других машин на их базе (включая с гипоидными переда-

чами) при их эксплуатации в холодной климатической зоне до минус 50 °С.

**ТСп-14гип** (ТМ-4-18) ГОСТ 23652: смесь остаточного и дистиллятного масел селективной очистки из сернистых нефтей, содержащая противозадирную, антиокислительную, депрессорную, антипенную присадки. Рекомендуется для гипоидных передач грузовых автомобилей, эксплуатирующихся при температуре окружающего воздуха до минус 35 °С, контактных напряжениях до 3500 МПа и скоростях скольжения до 16...18 м/с.

**ТСгип** (ТМ-4-34) ОСТ 3801260: осеренная смесь нигрола или экстракта нитробензольной очистки остаточных масел с маловязким маслом. Рекомендуется для ведущих мостов легковых автомобилей, кроме «Жигулей», с гипоидной главной передачей, работающих при температуре окружающего воздуха до минус 20 °С, контактных напряжениях до 3500 МПа и скоростях скольжения до 16 м/с. Используют в промежуточных и хвостовых редукторах, шарнирах хвостового вала и втулках винтов вертолетов. При применении в узлах вертолетов работоспособно до минус 5 °С.

#### **6.4. Трансмиссионные масла универсальные**

Универсальные трансмиссионные масла объединены в группу ТМ-5. К ним относятся масла ТМ-5-12(рк) и ТАД-17и.

**ТМ-5-12(рк)** (ТМ-5-12рк) ТУ 3810844: высокоиндексное, низкозастывающее масло селективной очистки, загущенное низкомолекулярным полимером, содержащее многофункциональную (противоизносную, противозадирную, антиокислительную), защитную (консервационную) и антипенную присадки.

Рекомендуется для агрегатов трансмиссий и различных зубчатых редукторов, имеющих цилиндрические, конические, спирально-конические, гипоидные и некоторые червячные передачи, при эксплуатации техники в интервале температур окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 °С, контактных напряжениях в зацеплении зубьев до 4000 МПа и скоростях скольжения до 15...17 м/с. Обеспечивает эксплуатацию, хранение техники без коррозионных поражений не менее 10 лет.

**ТАД-17и** (ТМ-5-18) ГОСТ 23652: базовое масло (ТБ-20), содержащее депрессорную, многофункциональную и антипенную присадки. Это универсальное всесезонное масло. Применяется в умеренной климатической зоне для смазывания агрегатов трансмиссий автомобилей ВАЗ и другой техники при температуре окружающего воздуха до минус 30 °С.

Для планетарного типа передач рекомендуются трансмиссионные масла ТСЗп-8 и МТ-8п.

**ТСЗп-8** (ТМ-3-9з) ОСТ 38 01365: маловязкое масло селективной очистки, загущенное низкомолекулярным полимером, содержа-

щее противоизносную, противозадирную, антипенную и антиокислительную присадки. Рекомендуется для агрегатов трансмиссий и гидросистем с коробками передач и бортовыми редукторами планетарного типа. Обеспечивает эксплуатацию машин при температуре окружающего воздуха до минус 50 °С. Допускается применять в качестве трансмиссионного и редукторного масла на различных машинах и установках при контактных напряжениях до 2500 МПа и скоростях скольжения до 15...17 м/с при температуре окружающего воздуха до минус 55 °С.

**МТ-8п** ТУ 38101277 — моторно-трансмиссионное масло: компаундированное масло селективной очистки, содержащее многофункциональную, депрессорную и антипенную присадки.

Рекомендуется в качестве дублирующего масла марки ТСЗп-8 для трансмиссий с планетарными передачами при температуре окружающего воздуха до минус 35 °С. Совместимо с маслом марки ТСЗп-8 в любых соотношениях.

## **6.5. Трансмиссионные и специальные масла для гидромеханических передач**

Масло трансмиссионное, используемое для автоматических коробок переключения передач, обозначается аббревиатурой ATF, что расшифровывается как “Automatic transmission fluid”, и к нему предъявляются более высокие требования, чем к маслам для механической коробки перемены передач (МКПП). Эти масла в связи с особенностями применения не подпадают под всеобщую классификацию масел по эксплуатационным свойствам API. Именно поэтому для такого вида трансмиссионных смазок ведущими производителями разработана специализированная спецификация – ATF.

Особенности состава масла для автоматической коробки обуславливаются строением самой КПП. Все владельцы автомобилей знают, что, в отличие от механической коробки, в АКПП при движении автомобиля отсутствует жесткая связь между коленчатым валом самого двигателя и первичным валом коробки передач. Роль сцепления выполняется гидродинамическим трансформатором, поэтому основную роль в передаче крутящего момента от двигателя выполняет именно трансмиссионное масло, из-за чего к нему выдвигаются гораздо более высокие требования. В некоторых моментах даже от масла требуются прямо противоположные свойства. Поэтому для использования в АКПП обыкновенное трансмиссионное масло не подойдет, поскольку оно не сможет правильно выполнять все требуемые функции в связи с особенностями конструкции автоматической КПП. Также не рекомендуется и использование масла для АКПП в механических КПП.

Масло для автоматической коробки передач выполняет сразу несколько очень важных функций:

- *передает энергию в гидротрансформаторе (в этом заключается основное отличие от механики);*
- *смазывает зубчатые передачи, уменьшая трение между соприкасающимися деталями;*
- *отводит тепловую энергию;*
- *отвечает за фрикционные свойства сцепления, обеспечивая сцепление в пакетах фрикционов, когда они прижимаются друг к другу гидравлическими клапанами;*
- *гарантирует качественное переключение передач;*
- *поддерживает работоспособность агрегата в широком температурном диапазоне (от -40 до +170°C);*
- *охлаждает детали коробки - автомат;*
- *моет, очищает внутренние полости и детали коробки – автомат;*
- *защищает детали АКПП от коррозии.*

Химический состав ATF состоит из двух основных частей - это базовая основа и пакет присадок, которые и формируют нужные свойства масел. Базовая основа - это непосредственно несущая жидкость, составляющая основной объем (85-90%). По своему типу база делится на три основных группы: минеральная, полусинтетическая и синтетическая.

К минеральным основам относятся парафиновые и нафтеновые масла. К полусинтетическим или условно синтетическим относятся гидратированные минеральные базовые масла. Но истинно синтетической базовой группой являются полиальфаолефиновые масла. Технология их получения крайне сложна и дорога на данный момент, и в большинстве случаев, имеющиеся в продаже синтетические ATF состоят частично из синтетической основы с добавкой минерального или условно синтетического основного компонента.

Основа, помимо положительных свойств, обладает определенными недостатками. Основа масла может вспениваться, обладать повышенной вязкостью, терять свои свойства при повышенной температуре. Для того чтобы убрать эти ненужные качества, в основу добавляют присадки, которые, в конечном итоге и обеспечивают нужные качества маслу. Их химический состав, как правило, засекречен производителями, и в открытом доступе существует информация лишь об общем химическом составе и процентном содержании ионов различных веществ. Пакет присадок dextron, наиболее распространенных для иномарок в настоящее время ATF стандарта DEXTRON III/MERCON, составляет 17% объема масла. В состав их входят ионы фосфора, цинка, магния, бора, серы, азота, кальция, глицерин, стеариновая кислота, сложные эфирполинолы, карбоны и другие добавки.

В общей сложности таких добавок разработано около сотни, и в один пакет присадок может входить до 20 сложных веществ, ко-

торые в соединении дают перекрестный эффект, образуя у ATF заданные характеристики.

Присадки нужны для того, чтобы обеспечивать следующие свойства масла для автоматической коробки передач:

- устранение вспенивания масла (присадки противопенные);
- увеличение температуры стойкости масла (присадки, содержащие трикрезил фосфат, хлорпарафин);
- увеличение срока службы (антиокислительные присадки, замедляющие процесс старения ATF);
- снижение агрессивности масла к резиновым прокладкам и уплотнителям в АКПП (компоненты, предотвращающие набухание прокладок при контакте с маслом);
- увеличение стойкости поверхностей трения к истиранию (модификаторы трения);
- антикоррозионная защита деталей (ингибиторы коррозии);
- удержание продуктов износа во взвешенном состоянии, не давая им выпасть в осадок (добавок-дисперсантов);
- гарантия нужного коэффициента трения в элементах трещионного механизма управления (модификаторы трения);
- приемлемая вязкость при низких температурах (модификаторы вязкости);
- изменение цвета масла для определения его назначения.

Масло для автоматической коробки передач чаще всего имеет красный цвет.

- Гидрофобность, то есть способность выталкивать влагу с обслуживаемых поверхностей.

К маслам для гидромеханических передач отечественного (еще Советского) производства относятся масла марки А, марки «Р» и МГТ.

**Марка А** для гидромеханических (автоматических) коробок передач по ТУ 38.101179: масло глубокой селективной очистки, загущенное полиизобутиленом, содержащее композицию присадок, обеспечивающих противоизносные, антиокислительные, моющие и антипенные свойства. Рекомендуются для гидромеханических (автоматических) коробок передач при температуре окружающего воздуха до минус 35 °С. Совместимо с маслом марки МГТ в любых соотношениях.

Допускается применять в качестве рабочей жидкости в различных гидросистемах, в гидроамортизаторах и зубчатых редукторах при контактных напряжениях до 2000 МПа, а также в гидроусилителях руля.

**Марки «Р»** — для гидрообъемных передач и гидроусилителей руля по ОСТ 38.01434: масло типа веретенного АУ, содержащее композицию присадок.

Рекомендуется для применения в гидроусилителях руля и гидрообъемных передачах автомобилей и других специальных и

транспортных машин, эксплуатируемых при температуре окружающего воздуха до минус 45 °С.

Допускается применять в качестве рабочей жидкости в различных гидросистемах, гидроамортизаторах и зубчатых редукторах при контактных напряжениях до 1500 МПа.

**МГТ ТУ 38.1011103:** маловязкое, низкозастывающее масло, загущенное низкомолекулярным полимером, содержащее композицию присадок, обеспечивающих противоизносные, фрикционные, моющие, антиокислительные и антипенные свойства.

Рекомендуется для гидромеханических (автоматических) коробок передач легковых и грузовых автомобилей, автобусов, колесных и гусеничных, специальных и транспортных машин в качестве всесезонного масла при температуре окружающего воздуха до минус 50 °С.

Допускается применять в качестве рабочей жидкости в различных гидросистемах, гидроамортизаторах и зубчатых редукторах при контактных напряжениях до 2000 МПа.

В автоматических трансмиссиях большинством производителей современных автомобилей рекомендованы масла, отвечающие требованиям спецификаций Dexron II, III (General Motors) и Mercon (Ford Mercon), которые, как правило, взаимозаменяемы и совместимы. Основные отличия между разновидностями масел от компаний GM и Ford заключаются в том, что первая обращает большее внимание на плавность переключения, а вторая – на скорость.

Для шестиступенчатых АКПП применяются масла не ниже Dexron III, IV. Масла ТНК ATF IID на минеральной основе, Mobil ATF 3309 (полусинтетика), выпускаемые в России, соответствует требованиям спецификации GM Dexron II D, предназначены для автоматических коробок передач и гидроусилителей рулевого управления легковых и грузовых автомобилей различных годов выпуска, городских и междугородных автобусов, дорожно-строительной и муниципальной техники российского и иностранного производства в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

ТНК ATF III Synt – полностью синтетическое масло высокого класса для автоматических коробок передач и гидроусилителей рулевого управления практически любой иномарки. Правда производители авто в своих инструкциях требуют применять масла только своего бренда. Так, например, компания Mitsubishi рекомендует для своих машин масла MMC ATF SP III, Type TT-VI; компания Toyota - ATF WS. Это масла на синтетической основе. Ravenol ATF, Ravenol Dexron II D, Ravenol Dexron F III рекомендуют для своих машин производители авто Германии.

Особенностью масел для АКПП является то, что они допускают смешивание масел различных производителей. Только при этом нужно неукоснительно соблюдать следующее правило: доливать масло необходимо только более высокого качества, а не наоборот.

К специальным трансмиссионным маслам относятся: осевое северное С, осевое северное с присадкой Сп и шарнирное ВНИИ НП-25, ЦИАТИМ-208.

**Осевое северное с присадкой Сп** по ТУ 381011245: неочищенный продукт прямой перегонки нефти, содержит противоизносную присадку трикрезилфосфат, обладает хорошими защитными (консервационными) свойствами. Рекомендуется для зубчатых редукторов и других узлов трения различных изделий техники, работающих при контактных напряжениях до 2000 МПа и температуре окружающего воздуха до минус 55 °С.

**Масло осевое северное С** ГОСТ 610: неочищенный продукт прямой перегонки нефти, предназначено для смазывания шеек осей колесных пар железнодорожных вагонов и тепловозов, а также различных узлов трения и зубчатых редукторов при контактных напряжениях до 1700 МПа и температуре окружающего воздуха до минус 50 °С. Обладает хорошими защитными (консервационными) свойствами. Рекомендуется в качестве дублирующей марки для масла осевого марки Сп, с которым совместимо в любых соотношениях.

Шарнирное **ВНИИ НП-25** по ГОСТ 11122: смесь маловязкой фракции балаханской масляной нефти с синтетическим высоковязким компонентом (диэфир), содержащая антиокислительную присадку. Рекомендуется для смазывания осевых втулок винтов вертолетов, работающих при качательном движении длительное время. Масло применяется зимой. В настоящее время не производится.

Взамен ВНИИ НП-25 выпускается всесезонное газотурбинное масло ВО-12. Работоспособно при температуре от плюс 60 до минус 50 °С. Представляет смесь синтетического углеводородного и диэфирного масел с композицией присадок.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Охарактеризуйте условия работы трансмиссионных масел.
2. Назовите требования к маслам для механических трансмиссий.
3. Назовите требования к маслам для гидромеханических передач.
4. Выделите группы и уровни трансмиссионных масел.
5. Назовите классификацию трансмиссионных масел SAE.
6. Назовите марки и состав трансмиссионных масел общего назначения.
7. Назовите марки и состав универсальных трансмиссионных масел.
8. Назовите марки и состав специальных масел для гидромеханических передач.

## ГЛАВА 7. ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

К эксплуатационным свойствам смазочных масел в основном относят те свойства, от которых зависят: потери на трение, износ трущихся деталей, образование отложений, коррозия деталей, пуск двигателя при низкой температуре и т. п. Важнейшими из них являются:

- смазочные свойства;
- склонность к образованию отложений;
- консервационные свойства;
- стабильность смазочных масел;
- совместимость смазочных масел.

### 7.1. Смазочные свойства масел

Смазочные свойства относят к наиболее общим понятиям, объединяющим несколько свойств масел, которые влияют на процесс трения и изнашивания контактируемых поверхностей в технике.

**Смазочные свойства** подразумевают антифрикционные, противозадирные и противозадирные свойства.

**Антифрикционные свойства масел.** Под антифрикционными свойствами масел понимают их способность снижать затраты механической энергии на внешнее трение. Внешнее трение возникает в местах соприкосновения твердых тел. Оно заключается в механическом взаимодействии этих тел, препятствующим их относительно перемещению в направлении, лежащим в плоскости соприкосновения. Различают трение покоя (между неподвижными телами) и кинематическое (между движущимися телами). В зависимости от вида движения одного тела по поверхности другого кинематическое трение делится на трение скольжения и трение качения.

Внешнее трение обусловлено процессами, протекающими в приповерхностных слоях на границе раздела тел в зонах фактического контакта. Сила трения зависит от физико-химических свойств поверхностных слоев, расположенных в глубине материала, объясняется несимметричностью сил связи атомов (ионов, молекул) на поверхности, где частицы не могут занять положение, которое соответствует минимальному значению энергии, характерному для частиц, находящихся в объеме вещества. На строение поверхностных слоев также влияет механическая обработка поверхности, деформирование ее в процессе трения и в результате изменения температуры. Силовое поле, создаваемое атомами поверхностного слоя, обладает высокой адсорбционной способностью, поэтому ионы молекулы окружающей среды активно адсорбируются на поверхности твердых тел и химически взаимодействуют с ними (явление хемосорбции). В результате этого поверхность, как правило, покрыта пленками химических со-

единений (обычно оксидов). На пленках в присутствии атмосферного воздуха адсорбируются пары воды и газов. В конечном счете, твердые тела даже в отсутствии смазки взаимодействуют между собой при трении посредством пленок, покрывающих их поверхность, а величина сил трения зависит от механических свойств твердых тел, степени обработки соприкасающихся поверхностей и от наличия на них оксидных пленок. Между трущимися деталями коэффициент трения без смазки составляет 0,1...0,5. Он уменьшается с повышением твердости тела и чистоты обработки поверхностей при возникновении оксидных пленок и возрастает с увеличением продолжительности контакта, достигая максимального значения при трении покоя.

При применении смазочного материала, когда исключается непосредственный контакт твердых тел (жидкостное трение), коэффициенты трения равны: скольжения — 0,001...0,1, качения — 0,005...0,1.

В присутствии смазки коэффициент трения подшипников качения составляет: шарикового — 0,0015; роликового упорного — 0,005...0,008; игольчатого — 0,01.

В технике внешнее трение играет двойную роль: с одной стороны, оно создает возможность движения всех колесных и гусеничных устройств, а также для передачи усилий посредством фрикционных муфт, ременных передач и т. п. С другой стороны — кинематическое трение вызывает износ и нагревание трущихся частей механизма. Смазочные масла используют в этой связи для уменьшения затрат энергии при трении скольжения, снижения скорости изнашивания и нагрева деталей.

Потеря энергии на трение в современном поршневом двигателе от индикаторной мощности составляет в цилиндропоршневой группе 6...8 %, а в подшипниках 1...2 %. В целом потери распределяются следующим образом: детали кривошипно-шатунного механизма — 60 %, механизма газораспределения — 10 %, привод водяного, масляного и топливного насосов — 20%, создание масляного тумана в камере двигателя — 10 %.

Антифрикционные свойства смазочных масел в основном характеризуется вязкостью. Вязкостью называют свойство жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению ее слоев под действием внешней силы, в том числе и силы тяжести. Различают вязкость динамическую и кинематическую. Согласно ГОСТ 26098-84 динамическая вязкость — это мера внутреннего трения ( $\eta$ ), равная отношению тангенциального напряжения к градиенту скорости сдвига при ламинарном течении ньютоновской жидкости:

$$\eta = fx \frac{ds}{du} \quad (7.1)$$

где  $fx$  — сила внутреннего трения жидкости, равная величине и обратная направлению силы, приложенной извне;

$ds$  — площадь слоя жидкости, к которому приложена сила,  $m^2$ ;  
 $du$  — градиент скорости сдвига,  $c^{-1}$ .

Таким образом, единицей динамической вязкости является Па·с. Кинематическая вязкость ( $\nu$ ) с динамической ( $\eta$ ) связана через плотность жидкости при температуре опыта ( $\rho$ ) выражением:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (7.2)$$

Единицей кинематической вязкости в системе СИ является  $10^{-4} m^2/c$ . В практике обычно пользуются единицей кинематической вязкости  $10^{-6} m^2/c = 1 \text{ мм}^2/c$ .

Вместе с этим при выборе масла требуемой вязкости наряду с необходимостью обеспечения минимальной затраты энергии на трение и несущей способности масляного слоя учитывают прокачиваемость, охлаждение деталей, необходимость уплотнения узлов трения, а также очистку деталей от загрязнений.

С повышением вязкости масла гидравлическое сопротивление увеличивается, в результате чего возрастают затраты мощности на привод масляного насоса, снижается подача и масло плохо поступает к узлам трения, смазываемым под давлением. Особенно большое значение количество смазочного масла имеет в период пуска двигателя и начала движения, чем выше вязкость моторного масла, тем надежнее уплотнение цилиндропоршневой группы, именно по этой причине для изношенного двигателя рекомендуются масла повышенной вязкости. Чем выше вязкость масла, тем меньше его расход. Однако масло меньшей вязкости лучше отводит тепло и выносит из зоны трения продукты загрязнения и износа. Маловязкое масло лучше фильтруется. Таким образом, видно, что эксплуатационное значение вязкости смазочного масла не однозначно: для обеспечения несущей способности масляного слоя, уплотнения деталей, уменьшения расхода требуется масло повышенной вязкости, в остальном предпочтительнее масло меньшей вязкости.

Поэтому для смазки двигателей и механизмов машин выбирают масло по возможности меньшей вязкости, но такое, чтобы оно надежно обеспечивало в главных узлах жидкостное трение.

При выборе смазочного масла и его применении знание величины вязкости при определенной температуре еще недостаточно, необходимо знать насколько изменяется вязкость масла от температуры, так как от этого будет зависеть фактический режим смазки при различных температурах.

Чем более пологой является вязкостно-температурная кривая (ВТК), тем ближе действительный режим смазки к расчетному, лучше эксплуатационные (антифрикционные) свойства масла. При пологой ВТК масло, обладая достаточной вязкостью при высокой темпе-

ратуре, в то же время будет иметь относительно невысокую вязкость при низкой температуре, что обеспечит легкий запуск двигателя и свободное трогание с места машины при низких температурах окружающего воздуха. Это требование особенно важно к моторным и трансмиссионным маслам, у которых условия работы изменяются от минусовых температур окружающего воздуха до 150...170 °С (для трансмиссионных) и до 250...350 °С (для моторных масел).

Зависимость вязкости масла от температуры не поддается точному математическому расчету. Известна эмпирическая формула Вальтера:

$$\nu t + 0,8 = e^{\frac{a}{T} b}, \quad (7.3)$$

где  $\nu$  — кинематическая вязкость при температуре  $T$ , мм<sup>2</sup>/с;  
 $a, b$  — постоянные коэффициенты для данного масла.

Для практической оценки вязкостно-температурных свойств нашли применение: **определение вязкости при различных температурах, отношение вязкости при двух температурах, индекс вязкости.**

Определение фактической вязкости при нескольких наиболее характерных эксплуатационных температурах является самым надежным способом оценки вязкостно-температурных свойств, хотя он и связан со значительной сложностью определения вязкости масла в области низких температур. Оценка вязкостно-температурных свойств (ВТС) по отношению вязкостей при двух температурах основана на предположении, что по этой величине можно сравнивать ход кривой вязкости различных масел в области низких температур. Чем меньше указанные отношения, тем более полого ВТК.

Однако указанный метод имеет большие погрешности и в настоящее время используется ограниченно.

Индекс вязкости характеризует пологость ВТК масла. Оценка по индексу вязкости основана на сравнении ВТС испытуемого масла и ВТС двух групп эталонных масел. Эталонные масла одной группы имеют очень пологую ВТК и их индекс вязкости условно принят за 100 ед.; масла второй группы имеют очень крутую ВТК, их индекс вязкости принят за 0. ВТК испытуемого масла обычно располагается между кривыми эталонных масел. Чем больше пологость ВТК испытуемого масла, тем больше его индекс вязкости (рис.7.1).

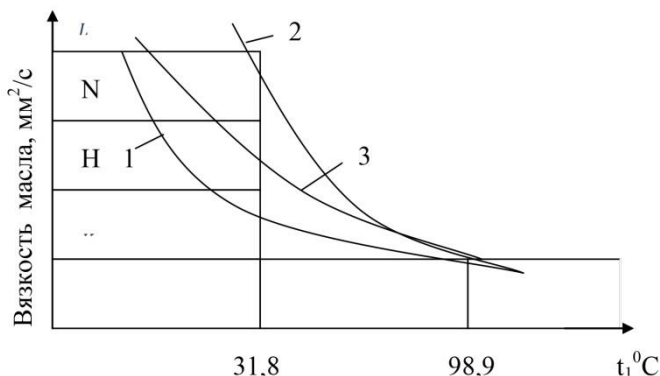


Рис. 7.1. Схема для вывода индекса вязкости:  
 1 — эталонное масло с ИВ=100; 2 — испытуемое масло; 3 — эталонное масло с ИВ=0

Индекс вязкости (ИВ) рассчитывают по формуле:

$$ИВ = \frac{L - N}{L - H} \cdot 100, \quad (7.4)$$

Обязательным условием для расчета является одинаковая вязкость всех трех масел при 98,9 °С. Практически индекс вязкости определяют по номограмме, составленной на основе значений вязкости масла при 50 °С и 100 °С, по таблицам, приведенным в ГОСТах или по ГОСТ 2531-82.

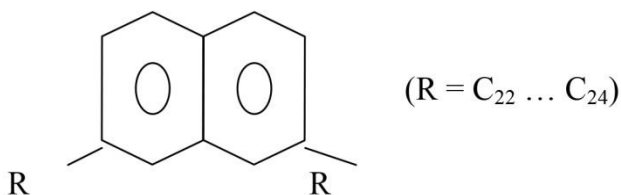
Зная вязкостно-температурную зависимость масла, можно установить температуру пуска двигателя, агрегата или механизма. Так, например, при использовании моторного масла М-4з/6В<sub>1</sub> (АСЗп-10В) с индексом вязкости 125 минимальная температура холодного запуска двигателя возможна до минус 30 °С, масла М-6з/10В (ДВ АСЗп-10В) с индексом вязкости 115 до минус 20 °С. По мере понижения температуры вязкость масла непрерывно увеличивается и, наконец, масло теряет подвижность (застывает).

Температурой застывания называется температура, при которой нефтепродукт теряет подвижность в условиях испытания.

Запуск двигателя с застывшим маслом приводит к большому износу, так как масло не поступает к трущимся деталям, что может привести даже к поломкам. Очень трудно, а в ряде случаев оказывается невозможным трогание машин с места при застывшем трансмиссионном масле.

Застывание масла обусловлено значительным повышением вязкости и кристаллизацией углеводородов, образующих структурный каркас.

Среди углеводородов масла наиболее легко кристаллизуются нормальные алкановые углеводороды. Дистилляты масел обычно застывают при температуре минус 10...20 °С, а остаточные масла - при более высоких температурах. Снижение температуры застывания масла достигается депарафинизацией и добавкой к маслу специальных присадок депрессаторов, веществ, препятствующих образованию кристаллической решетки и понижающих температуру застывания. К депрессаторам относятся алкилнафталины, производные алкилфенолов, полиметакрилаты и др. Наиболее распространены алкилнафталины (депрессатор АзНИИ):



К алкилфенольным присадкам относятся депрессатор АФК, многофункциональная АзНИИ-ЦИАТИМ-1 и др. Депрессаторным действием обладает многофункциональная присадка ДФ-1 (бариевая соль диалкилдитиофосфата) и полиметакрилат Д (ПМА Д) при содержании углеродных атомов в боковой цепи от 12 до 18.

Полиметакрилаты эффективны в небольших концентрациях, но плохо совмещаются с другими присадками. Механизм действия депрессатора заключается в том, что длинные алкидные цепи молекулы присадки соединяются с выпавшими кристаллами, а ароматические ядра служат защитной оболочкой, препятствующей дальнейшему укрупнению кристалла. Температуру застывания масла введением депрессатора можно понизить на 5...40 °С. Величина снижения температуры зависит от вида присадки, вязкости масла и количества парафина в нем. Положительное действие присадки проявляется до концентрации примерно 1 % (рис. 7.2).

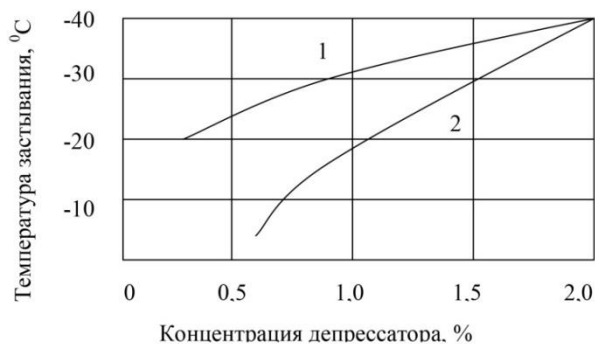


Рис 7.2. Зависимость температуры застывания масла ( $\nu_{100} = 6 \text{ мм}^2/\text{с}$ ) от количества депрессатора Аз НИИ: 1 — масло из парафинистой нефти; 2 — масло из малопарафинистой нефти

Обычно к маслам добавляют 0,3...0,5 % депрессатора, так как дальнейшее добавление присадки ухудшает другие свойства масла.

Удельные давления в узлах трения (подшипниках, зубчатых передачах и др.) оказывают значительное влияние на антифрикционные свойства масел, так как при повышенных давлениях происходит изменение вязкости масла и изменяется гидродинамический режим смазки.

Влияние давления наиболее сильно сказывается при низких температурах и в высоковязких маслах.

Заметное увеличение вязкости масла наблюдается уже при 5 МПа, а при давлениях 200...300 МПа возрастает в сотни раз. При еще более высоких давлениях масло теряет свойства жидкости и превращается в пластичное, а затем и твердое тело. Минимальное давление, при котором происходит затвердевание масла, зависит от природы масла и температуры (рис. 7.3).

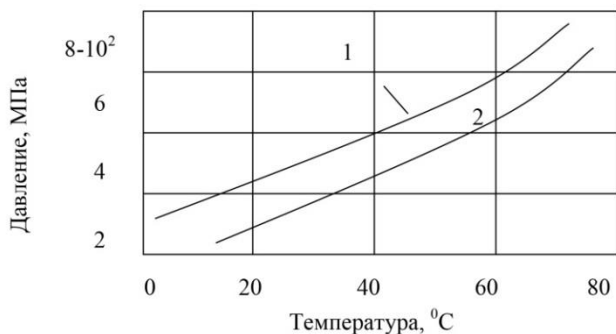


Рис.7.3. Зависимость давления затвердевания от температуры: 1 — животный жир; 2 — нефтяное масло

Изменения повышения вязкости масла от давления особенно заметно сказывается при запуске холодного двигателя и при трогании с места. Поэтому трансмиссионные масла разбавляют дизельным топливом (10...15 %), снижая, таким образом, абсолютное значение вязкости масла и облегчая эксплуатацию агрегатов трансмиссий в холодное время года. В целом изменение вязкости масла от давления описывает эмпирическая формула:

$$v_p = v_0 + 0,005 P, \quad (7.5)$$

где  $v_p$  — вязкость масла при давлении  $P$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  
 $P$  — давление в узлах трения, МПа;  
 $v_0$  — вязкость масла при атмосферном давлении,  $\text{мм}^2/\text{с}$ .

Современные отечественные и зарубежные классификации позволяют со значительной степенью надежности оценивать антифрикционные свойства моторных и трансмиссионных масел.

Антифрикционные свойства газотурбинных масел принято оценивать путем измерения вязкости при температурах минус 40, минус 30, минус 20, минус 10, ноль, плюс 50 и плюс 100 °С. Предельное значение вязкости, при которой возможен достаточно легкий запуск ГТД, в значительной степени зависит от конструкции пускового устройства. В целом же, отечественные газотурбинные масла по своим вязкостно-температурным свойствам обеспечивают надежность запуска ГТД современной авиации.

## 7.2. Противоизносные свойства

Изнашивание — это процесс постепенного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и (или) его остаточной деформации.

Трение представляет собой физический процесс, природа которого может принципиально меняться в зависимости от таких факторов как механические параметры, чистота обработки и твердость материалов поверхностей, активность смазочного материала. Различают три основных вида изнашивания: механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое.

Механическое изнашивание — это изнашивание в результате механических взаимодействий. Оно включает в себя абразивное и усталостное изнашивания. Абразивное изнашивание происходит в результате режущего и царапающего действия на материал трущихся пары твердых частиц - абразива, попадающих в зону контакта.

Абразивное изнашивание характерно для пары поршень-цилиндр за счет твердых частичек сгорания, а также возможно и в деталях кривошипно-шатунного механизма при случайном загрязнении масла. Присадки различного назначения к маслам, содержащие кальций, барий и другие элементы, создающие при сгорании твердые

оксиды, также способны вызывать изнашивание деталей цилиндропоршневой группы. Поэтому ресурс работы двигателя в значительной степени зависит от качества (состава) смазочного масла.

Усталостное изнашивание (питтинг) получается при наличии ударных нагрузок и деформировании микрообъемов трущихся тел. Питтинг характерен для зубчатых зацеплений, для пар кулачек - толкатель механизма газораспределения в двигателе и т. п.

Молекулярно-механическое изнашивание — это изнашивание в результате одновременного механического воздействия и молекулярных или атомных сил. Такое изнашивание возникает за счет образования адгезионных связей между трущимися поверхностями. Происходит местное соединение двух твердых тел при трении вследствие действия молекулярных сил. При молекулярно-механическом изнашивании наиболее характерным является изнашивание при задании, которое возникает в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. В результате молекулярно-механического изнашивания образуются задиры.

Причиной коррозионно-механического изнашивания является либо воздействие на трущиеся поверхности агрессивных веществ (химически активные газы, кислые продукты масла или топлива и др.) с последующим интенсивным механическим изнашиванием модифицированных участков поверхности, либо окисление этих поверхностей кислородом воздуха, приводящие к образованию относительно легко стираемых частиц оксидов металла. Например, повышенное содержание серы в топливе (образуются активные продукты сгорания) усиливает износ цилиндропоршневой группы двигателя.

Решающее влияние на предохранение деталей от износа оказывает смазочный материал, важнейшим назначением которого является защита деталей от механического и химического разрушения. Под противоизносными свойствами понимается эксплуатационное свойство, характеризующее способность нефтепродукта (смазочного масла) предотвращать или снижать все виды износа трущихся поверхностей.

Согласно современным теоретическим представлениям отсутствует четкая граница между антифрикционными и противоизносными свойствами нефтепродуктов, поскольку при любом виде смазки по сравнению с сухим трением снижаются затраты энергии на трение скольжения и уменьшается износ трущихся поверхностей.

Условно принято, что антифрикционные свойства характеризуют работу смазочного масла в объеме в условиях жидкостного трения, а противоизносные свойства масла проявляются, в основном, в условиях граничного трения в тяжелонагруженных узлах трансмиссий и других узлах трения, для которых характерны высокие удельные нагрузки в трущихся парах.

Образование граничного слоя смазочного материала связано с физическим процессом адсорбции прилипания полярно-активных элементов смазочного материала с металлом, в результате чего образуются новые вещества, отличающиеся по механическим свойствам от материала.

Адсорбционный граничный слой производит «расклинивающее» действие, т.е. способствует разобщению трущихся деталей настолько, что они перестают непосредственно касаться друг друга. Схематично процесс образования граничных пленок можно представить следующим образом: полярно активная молекула масла притягивается к поверхности металла, образуя мономолекулярную пленку. Аналогичное явление происходит на другой поверхности (рис. 7.4).

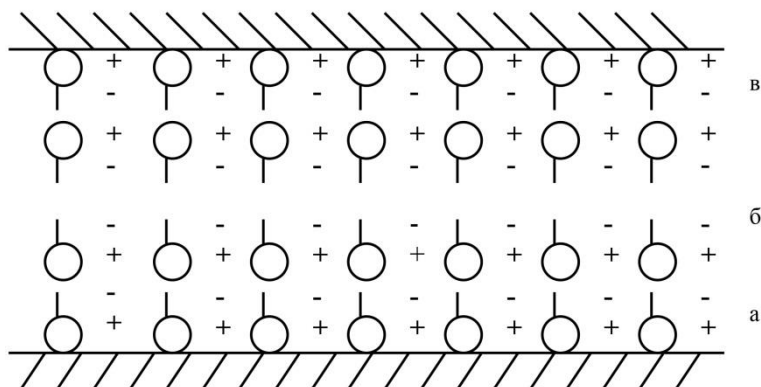


Рис. 7.4. Схема образования пленки при граничном трении

При граничной смазке вязкость масла существенного значения не имеет, так как поведение граничных пленок не подчиняется законам гидродинамики.

Способность смазочного масла взаимодействовать с поверхностью трения объясняется селективной адсорбцией отдельных ее компонентов на данной поверхности. Чем больше дипольный момент, тем прочнее образуется пленка. Полярность зависит от группового углеводородного состава масла, молекулярной массы и от наличия элементов: фосфора, серы, хлора, кислорода и др. К таким соединениям относятся асфальтеновые и смолистые вещества, органические кислоты, серосодержащие и другие вещества. Однако эти вещества обычно удаляют из базового масла при его очистке, поэтому чистые минеральные масла обладают слабыми смазывающими свойствами из-за недостаточного расклинивающего действия. В то же время масло растительного и животного происхождения (касторовое, костное) обладает гораздо лучшим расклинивающим действием, так как имеет в своем составе большое количество полярных (обыч-

но кислородосодержащих) соединений. Для ответственных механизмов, например, часовых, в ряде случаев используется смеси минеральных и костных масел.

Таким образом, противоизносные свойства адсорбированного слоя связывают с его прочностью и расклинивающим действием молекул при относительном скольжении поверхностей. Расклинивающее действие связано с полярностью молекул, а полярность в свою очередь, обуславливается структурой молекулы, а также количеством в них гидроксильных, карбоксильных или других функциональных групп, содержащих кислород, серу, хлор, азот и др.

Противоизносные свойства преобразованного слоя связаны с его прочностью и расклинивающим действием молекул при относительном скольжении поверхностей. Расклинивающее действие возникает в результате прочной связи поверхностно-активных веществ с поверхностью трения, в результате чего граничная пленка поддается утончению и разбивает противодавление, которое вызывает взаимное отталкивание поверхностей, разделенных пленкой. Адсорбционный слой, попадая в микротрещины твердого тела, быстро распространяется вглубь трещины и оказывает на стенки значительное расклинивающее действие, способствующее разрушению поверхностных слоев.

Физико-химическими показателями, характеризующими расклинивающие свойства масла, являются вязкость, теплота смачивания, краевой угол смачивания, работа выхода электрона и др.

Прочность граничной пленки возрастает с увеличением вязкости или молекулярной массы углеводов, спиртов и жирных кислот. Это объясняется возрастанием индуцированного дипольного момента.

При адсорбции выделяется теплота в результате снижения поверхностной энергии молекул твердого тела и адсорбированных молекул. Количество выделяющейся теплоты пропорционально напряжению теплового поля твердой поверхности и дипольному моменту адсорбируемого вещества. Например, при смачивании 100 г медного порошка керосином выделяется 25,12 Дж теплоты, машинным маслом — 60,7 Дж, машинным маслом с добавлением 1 % олеиновой кислоты — 85,8 Дж. Эти данные указывают на зависимость между теплотой смачивания и смазывающей способностью масла.

Чем меньше краевой угол смачивания, тем сильнее проявляются поверхностно-активные силы. Эффективным методом оценки интенсивности поверхностных процессов является измерение работы выхода электрона при образовании граничных пленок смазки. Адсорбированный граничный слой при всех своих достоинствах защищает поверхности трения лишь при умеренных давлениях и температурах (в подшипниках скольжения, шарнирных соединениях и т. п.).

Наряду с чисто физическим процессом адсорбции при образовании граничной пленки в ряде случаев происходят и химические

реакции (процесс хемосорбции). Продукты химической реакции обеспечивают адсорбированному слою повышенную прочность. При химическом взаимодействии защита от изнашивания происходит благодаря образованию на поверхности металла химической пленки (т.е. модифицированного слоя). Эта пленка имеет достаточно высокую механическую прочность, не плавится при температуре ниже, чем температура плавления основного металла (рис. 7.5). В условиях трения происходит оплавление поверхностей микровыступов и общее сглаживание (полировка) поверхностей трущихся деталей, что приводит к снижению удельного давления в зоне трения за счет увеличения реальной поверхности контакта.

Для образования полирующей пленки на металле необходимы химически активные вещества фосфор, сера, хлор и др. Искусственно внесенные в масло, они образуют химические пленки, которые и защищают основной металл пар трения от изнашивания и задира.

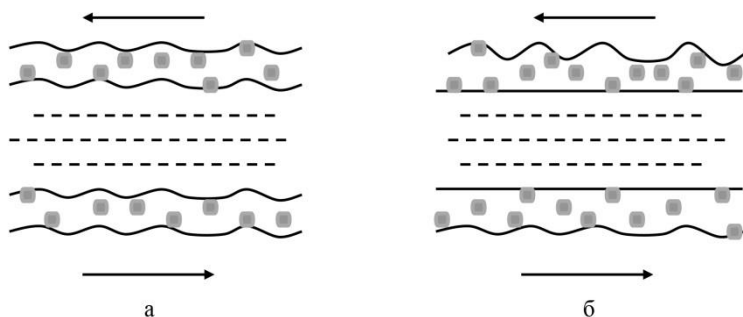


Рис. 7.5. Схема «полировки» трущихся поверхностей:

а — начальная стадия; б — «полированные» поверхности

Особенно эффективным оказывается комбинация расклинивающего и полирующего действия, когда одновременно проявляется эффект химических полирующих агентов и полярных веществ с длинными цепями. Это обстоятельство является следствием образования на химически полированной поверхности адсорбированной пленки полярных веществ.

Для улучшения расклинивающих свойств минеральных масел к ним добавляют специальные присадки.

Выбор присадок и необходимость их введения в масла зависит от вида смазываемых узлов трения, условий их работы, а также от процессов протекающих на поверхностях трения и лимитирующих их работоспособность.

К числу расклинивающих присадок относятся жирные кислоты, эфиры, животные жиры и растительные масла.

Среди смазочных масел наилучшими расклинивающими свойствами обладают животные и растительные жиры, так как они

состоят в основном из глицеринов жирных кислот. Кроме того, во всех натуральных жирах содержится небольшое количество свободных жирных кислот, которые наряду с эфирами, обеспечивают высокую поверхностную активность.

Животные жиры и растительные масла еще недавно широко использовались в качестве добавки к минеральным маслам для смазки тихоходных и высоконагруженных механизмов.

Высокие расклинивающие свойства растительных масел и животных жиров предопределили пути поиска синтетических масел посредством этерификации многоосновных спиртов жирными кислотами.

Эфирные синтетические масла используют в чистом виде или как добавку к нефтяным маслам. Органические кислоты в той или иной мере коррозионно агрессивны по отношению к цветным металлам и сплавам. Для устранения этого отрицательного свойства кислоты этерифицируют. Получающиеся эфиры менее коррозионно агрессивны, чем соответствующие органические кислоты.

Расклинивающее действие низкотемпературной граничной пленки лимитируется ее термостойкостью, поскольку нарушение масляной пленки происходит в результате ее десорбции под влиянием повышенных температур. Для каждого сочетания «смазывающее вещество-металл» разрушение граничного слоя наблюдается при определенной температуре (рис. 7.6). Наиболее низкая температура десорбции свойственна углеводородам.

В качестве полирующих присадок в настоящее время используют вещества, содержащие серу, хлор, фосфор в той или иной комбинации — все они способны давать с металлами соединения с более благоприятными антифрикционными свойствами.

Вещества, содержащие серу, разлагаются, выделяя сероводород или элементарную серу, которые образуют с металлом сульфиды с температурой плавления ниже температуры плавления основного металла.

Например, температура плавления сульфида железа эвтектического состава почти на  $350^{\circ}\text{C}$  ниже температуры плавления железа.

Содержащиеся в смазочных маслах природные сернистые соединения не способны давать надежную сульфидную пленку, так как сера находится в них в недостаточно активном состоянии.

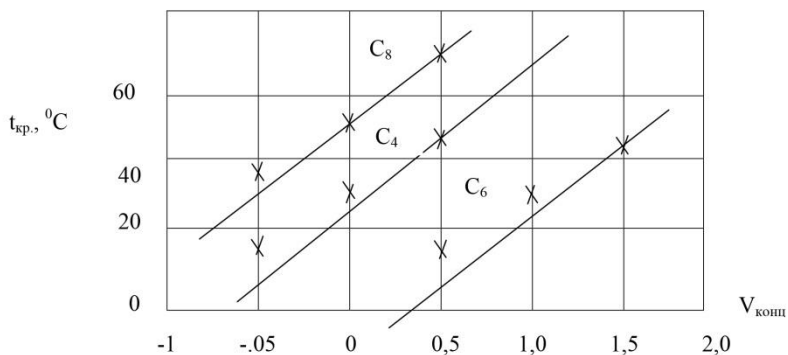


Рис. 7.6. Влияние концентрации жирных кислот с различной длиной углеводородного радикала в неактивном масле на критическую температуру

В настоящее время наметилась тенденция использования индивидуальных органических соединений серы. К наиболее распространенным серосодержащим присадкам относятся ксантогенаты. Так, присадка ОТП является осерненным тетрамером пропилена, она содержит 20...25 % серы в виде дисульфидов (65 %) и моносульфидов (добавляется к маслу ТСп-10). Из галоидных производных наилучшими противозадирными свойствами обладают соединения брома, однако они дефицитны, поэтому практически используют соединения более доступного элемента хлора. При разложении хлористых соединений выделяется свободный хлор или хлористый водород, образующие с металлом хлориды. К преимуществам хлоридов относится пластичность при повышенной температуре. Общим недостатком хлористых присадок является склонность их к гидролизу в присутствии влаги, что приводит к коррозии металла и снижению противозадирных свойств.

Противозадирные присадки, предназначенные для обеспечения работы поверхностей трения без заедания или для смягчения процесса заедания, как правило, не только не снижают изнашивания при умеренных нагрузках, но даже вследствие их химического взаимодействия с металлом могут его повысить. Поэтому для придания маслам противозадирных свойств при умеренных нагрузках противозадирные присадки применяют в сочетании с противозадирным компонентом.

Среди фосфорных соединений лучшими являются эфиры фосфорной и фосфиновой кислот: трикрезилфосфат, триэтилфосфат, трифенилфосфат, фосфорные эфиры жирных кислот и др.

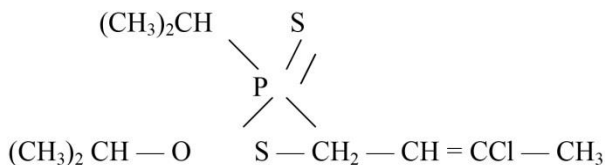
Основное достоинство фосфорных присадок — обеспечение высокой полировки трущихся деталей благодаря относительно низкой температуре плавления эвтектики состава  $Fe_3P + Fe$ , равной

1020<sup>0</sup>С, т. е. на 515 <sup>0</sup>С ниже температуры плавления железа. Уже при 200<sup>0</sup>С фосфорные соединения разлагаются с образованием весьма реакционноспособного фосфина РН<sub>3</sub>, который вступает в реакцию с металлом. Однако при очень высоких нагрузках присадки оказываются непригодными, из-за недостаточной механической прочности модифицированного слоя.

Наиболее эффективными являются многокомпонентные полирующие присадки, содержащие попарно или вместе серу, хлор, фосфор, так как в этом случае наблюдается функциональное разграничение и взаимное дополнение положительных свойств отдельных элементов. В комплексных сернохлорных присадках сульфидные пленки предотвращают задиры, в то время как пленки хлоридов, благодаря их эластичности, снижают изнашивание и затраты энергии на преодоление силы трения.

Эффективность хлорфосфорных соединений объясняется температурно-избирательным действием хлора и фосфора на микроконтактах при трении деталей. В присадках тиофосфорного типа при умеренных режимах трения сказывается преимущественное влияние фосфорных соединений, при высоких температурах на микроконтактах начинает проявляться действие серы, предупреждающее задиры и обеспечивающее приработку поверхностей.

В настоящее время широкое распространение получают серохлорфосфорные присадки. К ним относятся присадки типа ЛЗ-309.



Противоизносными свойствами обладают также различные соединения металлов: свинцовые мыла, органические соединения цинка, сернокислые соединения молибдена и др. Добавка дисульфида молибдена к смазочным маслам улучшает противозадирные свойства благодаря чешуйчатой структуре дисульфида молибдена. Способность решетки к сдвигу определяется тем, что сильно поляризованные катионы молибдена сочетаются с легко поляризуемыми анионами серы, в результате чего связь между Мо и S оказывается значительно прочнее, чем между атомами S и S, что и обеспечивает легкий сдвиг в этой плоскости. При температуре 400 <sup>0</sup>С и выше дисульфид молибдена окисляется, переходя в окислы МоО<sub>3</sub>, которые действуют уже как абразив.

Правильно выбранная присадка предотвращает задиры и уменьшает изнашивание трущихся деталей. Оптимальная концентрация присадки зависит от базового масла и вида присадки. Так,

полирующие присадки добавляют к смазочным маслам в количестве 3...5 % и более.

Под действием высоких эксплуатационных температур, а также вследствие контакта масел с водой противозадирные и противоизносные присадки способны истощаться (срабатываться). Это обнаруживается по снижению концентрации активных элементов присадки в масле, а в некоторых случаях

— по падению его противозадирных и противоизносных свойств.

Присадки в маслах могут расходоваться на образование продуктов взаимодействия с металлом, а также легколетучих соединений при расщеплении присадок под воздействием высоких температур.

### **7.3.Склонность к образованию отложений (моюще-диспергирующие свойства)**

Чтобы обеспечить надежную смазку двигателя в процессе его работы, требуется непрерывно подводить смазочное масло к трущимся поверхностям деталей. При этом масло может находиться в объеме и тонком слое. Скорость и характер окисления масла при этом различные.

Самые высокие требования к стабильности в тонком слое предъявляются к маслам для узла трения поршень-цилиндр. Здесь масло работает в тонком слое, при высокой температуре, в контакте с кислородом воздуха и в условиях, когда наиболее сильно проявляется каталитическое действие металла.

Окисление масла в тонком слое на нагретых деталях двигателей идет в двух принципиально различных условиях — динамических и статических (в потоке и покое).

Окисление масла в потоке происходит во время работы двигателя, когда осуществляется непрерывная циркуляция смазочного масла и детали двигателя все время смазываются новыми порциями его.

Окисление масла в покое происходит только при остановках двигателя, когда прекращается циркуляция масла, а детали в течение определенного времени после остановки двигателя сохраняют еще достаточно высокую температуру. И хотя в покое масло на нагретых деталях находится значительно меньше времени, чем в потоке, окисление масла в статических условиях в ряде случаев оказывает существенное влияние на лакообразование в двигателе.

Для окисления масла в тонком слое в потоке при высокой температуре характерно следующее:

— процесс окисления происходит в условиях интенсивного испарения масла;

– в сравнительно короткое время наступает глубокое окисление масла с образованием, с одной стороны, газообразных и низкокипящих продуктов, а с другой стороны — продуктов окислительной полимеризации и конденсации, откладывающихся и прочно удерживающихся на поверхности металла в виде лаковых отложений;

– какая-то часть может сохраняться некоторое время в жидком состоянии.

В двигателе масло находится в трех специфических зонах, которые отличаются условиями химического превращения масла. Такими зонами являются: камера сгорания, поршневая группа и картер двигателя. Зоны отличаются уровнем температуры и характером отложений, образующихся в двигателе. Все отложения, образующиеся на деталях двигателей внутреннего сгорания, подразделяются на нагары, лаковые отложения и осадки (низкотемпературные отложения).

*Нагары* — темные твердые углеродистые вещества, отлагающиеся на стенках камеры сгорания, клапанах, свечах и днище поршней.

К *лаковым отложениям* относятся образования плотных продуктов окислительных превращений масел на горячих поверхностях металлов.

Несмотря на то, что толщина лаковых отложений сравнительно невелика (50...200 мкм), они существенно усложняют работу двигателей. Лаковые отложения, это тонкие лакоподобные пленки от светлого до темного цвета, образующиеся на боковой поверхности поршней в зоне поршневых колец, на юбке, внутренних стенках поршней и в верхних головках шатунов.

Лаковые отложения подобно нагару ухудшают охлаждение деталей. Лак способствует пригоранию поршневых колец. Пригорание поршневых колец, заклинивание их в канавках поршня, происходит вследствие того, что канавки заполняются первоначально клейкими продуктами окисления, которые затем превращаются в лак и прочно прихватывают кольцо к стенкам канавки. Пригорание колец способствует проникновению масла в камеру сгорания и увеличивает его расход. Пригоревшие кольца снижают компрессию двигателя, это приводит к прорыву газов в картер и уменьшению мощности двигателя, а также вызывает чрезмерное трение, повышенное изнашивание и задир зеркала цилиндра, поломку колец, а иногда и заклинивание поршня в цилиндре. Лаковая пленка на деталях действует подобно слою теплоизоляции, что приводит к повышению температуры деталей и дальнейшему стимулированию лакообразования.

Сложный механизм лакообразования в общем случае складывается из 2-х процессов (рис. 7.7) окисления тонкого слоя масла непосредственно на поверхности нагретой детали и коагуляции на

поверхности детали твердых продуктов окисления масла, образовавшихся в других зонах, а также продуктов окисления и неполного сгорания топлива. В отдельных случаях лакообразование может протекать по одному из указанных направлений, по чисто окислительному, когда в смазочном масле отсутствуют углеродистые частицы, или коагуляционному, когда смазочное масло насыщено до известного предела углеродистыми частицами, а температура деталей относительно невысокая (100...120 °С), при которой окислительные процессы не могут интенсивно развиваться.

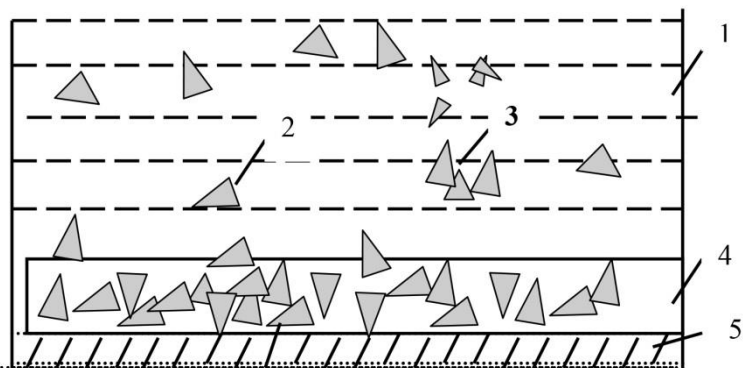


Рис. 7.7. Схема процесса лакообразования на горячей металлической поверхности: 1 — смазочное масло; 2 — частицы продуктов окисления; 3 — конгломерат продуктов окисления; 4 — лаковая пленка; 5 — металл.

Наиболее сильно на лакообразование влияют температура, время окисления, количество и качество подаваемого масла (толщина масляного слоя), и каталитическое действие металла.

Температура является одним из решающих факторов лакообразования. При окислении тонкого слоя масла на металлической поверхности в статическом состоянии повышение температуры увеличивает скорость лакообразования. Количество образующегося лака также растет, а затем по достижении максимума начинает снижаться. Причиной уменьшения количества лака являются крекинг и карбонизация пленки, при которых увеличивается выход летучих веществ. С повышением температуры растет количество продуктов окисления в объеме масла и облегчается коагуляция углеродистых частиц, что также способствует лакообразованию.

При увеличении количества подаваемого на трущиеся детали масла лакообразование снижается, т.к. понижается температура масляного слоя и замедляется процесс окисления.

Чем сильнее нагревается масло при постоянной температуре, тем больше образуется лака. Это положение остается справедливым

до тех пор, пока на металлической поверхности будет оставаться рабочая фракция масла, являющаяся сырьем для образования лака.

Толщина масляной пленки оказывает влияние, как на скорость образования, так и на количество образующегося лака.

С уменьшением толщины масляного слоя процессы лакообразования начинаются при более низких температурах.

По мере увеличения толщины масляного слоя лакообразование достигает максимума при более высокой температуре. Установлено также, что степень максимального превращения масла в лак, выраженная в процентах к навеске масла, при постоянной продолжительности нагрева, практически не зависит от толщины слоя, а является функцией температуры.

Важно различать два понятия — степень превращения масла в лак (степень лакообразования) и количество образующегося лака на единицу поверхности.

Степень максимального превращения масла в лак при постоянной продолжительности нагрева является функцией температуры и не зависит от толщины масляного слоя в пределах 10...200 мкм.

В отличие от степени лакообразования количество образующегося лака на единицу поверхности находится в прямой зависимости от толщины масляного слоя (рис. 7.8). Чем больше толщина масляного слоя в пределах 10...200 мкм, тем больше может образовываться лака по весу на единицу поверхности.

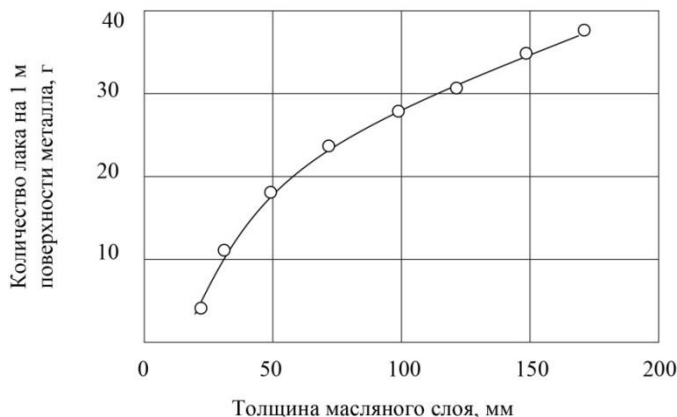


Рис. 7.8. Количество лака, образующегося на единицу поверхности металла и степень лакообразования в зависимости от толщины масляного слоя

На окисление масла в тонком слое важное влияние оказывает каталитическое действие металлов. Каталитическая эффективность металлов меняется в зависимости от температурных условий. Разни-

ца в каталитическом влиянии металлов на лакообразование наиболее значительна в диапазоне температур 250...280 °С. При более высоких температурах (300 °С) она начинает сглаживаться.

Одним из основных проявлений катализаторов является образование веществ, препятствующих окислению. Каталитическое действие металлов прекращается, когда он покрывается защитной пленкой, создаваемой продуктами окисления.

Обобщая сказанное выше, можно отметить следующие закономерности окисления тонкого слоя масла, находящегося в статическом состоянии на нагретой металлической поверхности:

1. Процесс окисления тонкого слоя масла сопровождается интенсивным испарением значительной части масла.

2. Конечным продуктом окисления являются продукты окислительной полимеризации и конденсации, откладывающиеся на поверхности металла в виде лаковых отложений.

3. Скорость лакообразования увеличивается с повышением температуры нагрева и с уменьшением масляного слоя.

4. При постоянной продолжительности нагрева масла существует температура максимального лакообразования, ниже и выше которой образуются меньшее количество лака. Степень максимального превращения масла в лак не зависит от толщины масляного слоя, а является функцией температуры.

5. С увеличением продолжительности нагрева масла при постоянной температуре образование лака увеличивается до полного превращения масла в лак.

6. Наибольшее количество лака образуется из масла при самой низкой температуре, при которой только идет процесс лакообразования, и при наиболее длительном нагревании.

7. Чем меньше слой масла, тем при более низкой температуре масло способно образовывать лак, тем быстрее превращается в лак и тем меньше лака образуется на единицу поверхности.

8. Процесс лакообразования находится в большей зависимости от каталитического действия металлической поверхности.

В соответствии с механизмом лакообразования различают следующие свойства масла, влияющие на лакообразование: термоокислительную стабильность и моющие свойства. Под термоокислительной стабильностью понимается устойчивость масла к окислению в тонком слое при повышенной температуре. В основу метода оценки термоокислительной стабильности положено определение прочности лаковой пленки. Например, измеряют время (в минутах), в течение которого на металлическом диске при температуре 250 °С в процессе окисления 0,05 г масла образуется лаковая пленка, удерживающая металлическое кольцо при отрыве с силой в 1 кг. Чем медленнее окисляется масло, тем больше времени требуется для образования пленки заданной прочности.

Моющим свойством называется способность масла противостоять лакообразованию на горячих поверхностях в результате тор-можения процессов окисления и коагуляции. Моющие свойства масел оценивают по методу ПЗВ.

Метод ПЗВ основан на создании в небольшом одноцилиндровом двигателе путем электроподогрева и подачи горячего воздуха искусственных условий, способствующих интенсивному лакообразованию на поверхности поршня. Чтобы исключить влияние топлива на лакообразование двигатель вращают от электромотора. О моющих свойствах масла судят по состоянию боковой поверхности поршня после 2-х часового испытания.

Для количественной оценки лакообразования служит эталонная цветная шкала, с которой сравнивают цвет поверхности поршня двигателя. Поршень без лака оценивается баллом 0, а максимальное отложение (поршень черный) — баллом 6. Чем меньше балл, тем устойчивее масло против образования лаковых отложений в поршневой группе двигателя, тем лучше его моющие свойства.

Среди углеводородов, входящих в состав смазочного масла, наилучшими свойствами обладают полициклические ароматические углеводороды.

Основным средством борьбы с лакообразованием в двигателе является добавка к маслам моющих присадок. При выборе моющей присадки исходят из того, чтобы она хорошо растворялась в масле и активно проявляла моющее действие в течение длительного срока. Моющие присадки, как правило, входят в состав композиций присадок, которые способны одновременно улучшить несколько свойств масла. Обычно моющие функции совмещаются с антикоррозионными и антиокислительными. Добавка моющих присадок различного состава снижает образование лаковых отложений на поршне с 3,0...4,5 до 0,5...1,5 балла, вследствие чего при работе на таких маслах поршни двигателя длительное время сохраняются чистыми, без углеродистых отложений.

Согласно современным представлениям моющие присадки действуют в трех основных направлениях:

удерживают продукты окисления масла во взвешенном состоянии, т.е. оказывают стабилизирующее действие, что достигается способностью присадки образовывать на поверхности частиц адсорбционные оболочки;

переводят нерастворимые в масле продукты окисления в коллоидный раствор при помощи мицелл присадки, т.е. обладают солюбилизирующей способностью;

препятствуют прилипанию продуктов окисления масла к поверхности нагретых деталей, благодаря образованию на ней поверхностно-активного слоя присадки, т.е. проявляют экранирующее действие.

Под нагарообразующей способностью масла понимается его склонность к образованию нагара в двигателях. Нагар — это продукты глубокого окисления углеводородов масла в виде твердых отложений на стенках камеры сгорания, днище поршня, клапанах, форсунках и т.д. В образовании нагара принимает участие и топливо.

По структуре нагар бывает монолитным пластичным и рыхлым. Химический состав нагара крайне непостоянен, он зависит не только от качества масла и топлива, но и от режима работы двигателя, запыленности воздуха и т.д. Основной частью нагара являются карбены и карбоиды (50...70 %), на долю асфальтенов и оксикислот приходится 3...6 %, смол и масла 15...40 % и золы 1...10 %.

Сложный механизм нагарообразования схематически можно представить в следующем виде. Масло, попавшее в камеру сгорания в результате насосного действия поршневых колец, расплывается по днищу и горячим стенкам камеры сгорания. При этом часть его испаряется и сгорает вместе с горючим, а часть остается на поверхности в виде слоя густой смолистой массы.

Различают две фазы нагарообразования: фазу роста и фазу равновесного состояния. Во время фазы роста нагар достигает предельной толщины, после чего наступает фаза равновесного состояния. Количество образующегося нагара во время фазы роста определяется размером зоны низкой температуры, прилегающей к поверхности металла; чем больше эта зона, тем больше нагара. В зоне высокой температуры нагар не формируется, так как поступающие порции масла сгорают полностью или образуют углеродные частицы, не способные удерживаться на поверхности, лишенной связующей среды.

Продолжительность фазы роста и количество образующегося нагара зависят от качества масла и его расхода, температурного режима двигателя и качества топлива. Количество и качество нагара зависит от содержащихся в масле присадок. Моющие присадки влияют на структуру нагара и его способность удерживаться на поверхности камеры сгорания. Вязкостные присадки нагара не образуют, так как при повышенных температурах они легко подвергаются деполимеризации.

Повышенные расходы масла увеличивают скорость образования нагара, который быстрее достигает равновесного состояния. Расход масла может повлиять и на количество образующегося нагара, но лишь в тех случаях, когда в результате повышенного расхода масла изменяется температура поверхности детали, на которой отлагается нагар, или температура газовой смеси.

Повышение температуры в камере сгорания также увеличивает скорость нагарообразования, т.е. нагар быстрее достигает равновесного состояния. В то же время высокая температура газовой смеси уменьшает низкотемпературную зону, в результате чего общее количество нагара снижается. Чем лучше охлаждаются стенки каме-

ры сгорания, тем больше на них образуется нагара. В летних условиях образуется меньше нагара, чем зимой.

В настоящее время мы не располагаем удовлетворительным методом оценки склонности масла к нагарообразованию. Трудность разработки надежного метода объясняется тем, что нагарообразование в двигателе зависит от внешних условий. Обычно имеют в виду три показателя: коксуемость, нагарность и зольность масел. Условия определения коксуемости очень далеки от реальных условий применения масел в двигателе, поэтому коксовое число не способно дать истинного представления о нагарообразующей способности масел. Особенно это относится к маслам, содержащим зольные моющие присадки.

Под нагарностью масла понимается количество углистого остатка (в процентах), образующегося при прокаливании 0,2 г масла в алюминиевой чашечке без доступа воздуха при 400 °С. Поскольку нагарность определяется при строго определенной температуре, этот показатель более объективен, чем коксуемость.

Зольность характеризует содержание в масле солей органических, минеральных кислот и других несгораемых веществ. Зольность определяют выпариванием и сжиганием навески масла в заранее взвешенном фарфоровом тигле.

Вещества, образующие золу, содержатся в исходной нефти; кроме того, они могут образовываться в процессе производства масла или попасть в него во время перевозки и хранения.

*Осадки (низкотемпературные отложения, или шлам)* являются веществами, осаждающимися из используемого масла в масляных цистернах, поддоне картера, маслопроводах, на фильтре, сетке приемника и т.п. По внешнему виду они представляют собой липкую мазеподобную массу темно-коричневого или черного цвета. Состав отложений зависит от качества применяемых масел и от технического состояния изделия, на котором используется масло, от режима и условий его эксплуатации. Основными составными частями отложений являются масло (50...85 %) и вода (5...35 %).

Кроме того, в осадках содержатся продукты окисления масла и топлива в виде липких смолистых продуктов и механические примеси различного происхождения. Вода в осадках обычно находится в виде стойкой эмульсии типа вода в масле.

Осадки приносят большой вред. Забивая элементы маслосистем (маслопроводы, фильтры, маслоприемники и т. д.), они уменьшают или даже прекращают подачу масла к узлам трения. Для предупреждения осадкообразования следует использовать более стабильные в химическом отношении масла, предупреждать попадание в масло влаги и химических примесей, исключать работу на низкотемпературных режимах. Химически стабильное масло образует меньше продуктов окисления и особенно нежелательных для предупреждения осадкообразования тяжелых смолистых продуктов, кото-

рые не только являются составной и связующей частью шламов, но и способствуют повышению стойкости водных эмульсий. Исключение попадания воды в масло снижает возможность образования осадков, так как она является одной из основных составляющих частей отложений. В этом смысле особенно опасны низкотемпературная работа двигателя (механизма) или частые остановки, когда создаются условия для конденсации водяных паров. Благоприятной для предупреждения образования осадков является закрытая система вентиляции картеров двигателей.

Своевременная смена масляных фильтров и промывка системы смазки перед заливкой свежего масла способствует снижению осадкообразования.

#### **7.4. Консервационные свойства**

Под консервационным (защитным) свойством масла понимается эксплуатационное свойство, характеризующее способность масла предохранять поверхность материалов от коррозионных агентов, а под конструкционной совместимостью — эксплуатационное свойство, характеризующее воздействие смазочного масла на конструкционные материалы (металлические и неметаллические). Действия смазочных масел на металлические конструкционные материалы характеризуется физико-химическим свойством «коррозионное свойство» или «коррозионность».

Причиной коррозии металла, на поверхности которого имеется смазочный материал, является окружающая атмосфера и коррозионно-активные продукты самого смазочного материала. Таким образом, смазочный материал, с одной стороны, выступает в роли защитного средства от коррозии, так как слой смазки на металле служит изоляцией от агрессивного влияния внешней среды, в первую очередь влаги и кислорода воздуха, а с другой стороны, сам является причиной коррозии, так как в нем практически всегда содержатся вещества, обладающие коррозионным действием. В первом случае говорят о защитных свойствах смазочного материала, а во втором — о коррозионных (конструкционной совместимостью).

Благодаря способности нефтепродуктов защищать металл от коррозии, они широко используются в качестве антикоррозионных покрытий. Хорошие защитные свойства требуются также от смазочных материалов, используемых для смазки двигателей и других агрегатов и механизмов. Коррозионность смазочных материалов проявляется преимущественно в процессе работы двигателей и механизмов, а защитные свойства — при перерывах в работе и консервации машин.

От коррозионности смазочного материала в той или иной мере страдают практически все трущиеся детали, но особенно пагубно она отражается на вкладышах подшипников двигателей внутреннего

сгорания. За последние 15...20 лет особенно важное значение приобрела проблема коррозионности масла в связи с ужесточением условий его применения и широким использованием вкладышей подшипников из легко корродируемых сплавов. Последствия применения смазочных материалов с повышенной коррозионностью весьма серьезны — трущиеся пары преждевременно выходят из строя, и сокращается межремонтный срок работы. При эксплуатации двигателей на обычных, даже высококачественных нефтяных маслах подшипники из легкокорродируемых сплавов выходят из строя после 150...250 часов работы.

В процессе эксплуатации машин с длительными перерывами в работе, в результате комбинированного воздействия атмосферных факторов на рабочих поверхностях трущихся деталей, стенках картеров и других незащищенных металлических поверхностях развивается атмосферная коррозия. Подобное явление наблюдается также на стенках резервуаров, трубопроводов и баков машин, заполненных смазочным маслом или топливом.

В результате коррозии разрушаются трущиеся поверхности, загрязняются смазочное масло и топливо, сокращается срок службы машин и оборудования. Коррозионное разрушение двигателей и механизмов при длительном хранении часто превосходит естественный износ при нормальной их эксплуатации.

Для защиты трущихся деталей от коррозии наилучшим смазочным материалом будет такой, который одновременно совмещает в себе хорошие консервационные и антикоррозионные свойства.

Защита от коррозии слоем смазочного материала, находящегося на поверхности металла, складывается из простой физической ее изоляции от аггессоров коррозии и способности активных компонентов смазочного материала или ингибиторов коррозии формировать на поверхности металла водоупорную адсорбционную или химическую пленку. В общем, виде защитный слой состоит из трех частей (рис. 7.9): нижнего, образованного в результате химического взаимодействия компонентов смазочного материала с металлом, среднего возникшего вследствие адсорбции поверхностно-активных веществ и верхнего объемного слоя.

Объемный слой, образуемый углеводородами, не обеспечивает надежной защиты металла от коррозии, так как он довольно легко пропускает к металлической поверхности влагу и газы. Увеличение толщины углеводородного слоя до 5 мм и более не оказывает существенного влияния на диффузию воды и газов. Основным барьером для проникновения влаги и газов являются ингибиторы коррозии, т. е. поверхностно-активные и химически активные вещества. Механизм действия ингибиторов коррозии проявляется в разных направлениях, которые, в конечном итоге, сводятся к предупреждению контакта воды и газов с металлом.

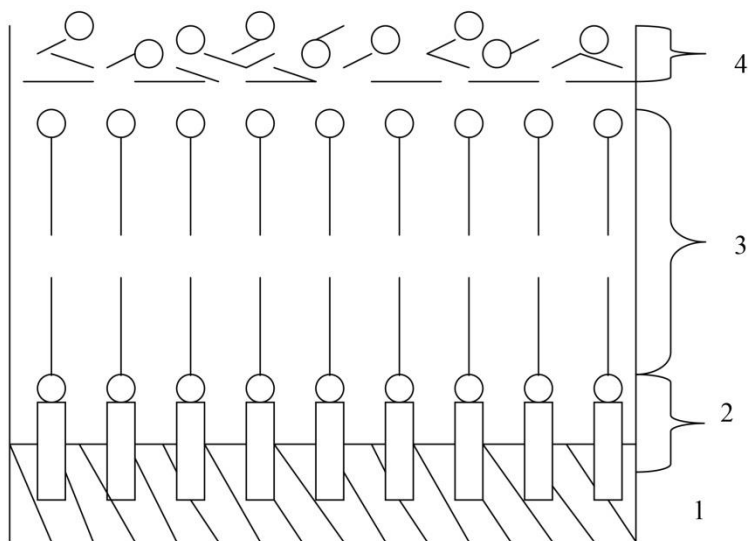


Рис. 7.9 Схема строения защитного нефтяного покрытия:

1 — металл; 2 — хемосорбционный слой; 3 — адсорбционный слой; 4 — объемный слой масла

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) легко вытесняют воду с поверхности металла и создают на ней гидрофобную пленку, в результате чего устраняются условия для протекания электрохимической коррозии.

Химическая коррозия также не развивается, так как ПАВ, как правило, химически инертны к металлу. При введении ПАВ резко снижается также водопроницаемость углеводородной основы, так как упорядоченный слой полярно активных веществ представляет более плотную упаковку молекул, имеющих квазикристаллическую структуру. Диффузия влаги и газов через такой слой затрудняется, причем некоторые из веществ образуют с углеводородами коллоидную (мицелярную) структуру, которая или связывает воду или отталкивает ее, преграждая доступ к поверхностям металла.

Химически активные вещества вступают в реакцию с металлом, в результате чего образуются плотные хемосорбционные пленки, нерастворимые в углеводородной среде и представляющие очень серьезное препятствие для проникновения влаги и газов.

*Факторы, влияющие на коррозию металла.* Интенсивность коррозии зависит от коррозионной стойкости металла, состава окружающей среды и от защитных свойств материала (нефтяного покрытия).

Коррозионная стойкость изделий достигается использованием легированных нержавеющей сталей, повышением стойкости металла к коррозии путем оксидирования, азотирования, а так же применением там, где это допустимо по условиям эксплуатации, эмалевых, лакокрасочных и других покрытий.

Коррозия зависит от состояния окружающей атмосферы: влажности, температуры, наличия агрессивных газов. Основной средой для протекания электрохимической коррозии под слоем смазочного материала является вода. Кислород, как деполяризатор, ускоряет коррозию. Там, где имеются благоприятные условия для попадания воды, процессы ржавления представляют наибольшую опасность.

В атмосфере, не содержащей влаги, электрохимическая коррозия не развивается. С повышением влажности воздуха коррозия усиливается. Особенно интенсивному коррозионному воздействию подвергается техника, эксплуатируемая и хранимая в зонах влажного тропического и морского климата. Легко также обводняются масла в судовых паровых турбинах, где вода содержит различные соли.

С повышением температуры в присутствии влаги коррозия усиливается.

Наличие в окружающей атмосфере агрессивных газов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$ , соединения хлора и брома и др.) усиливает коррозию.

Осушением атмосферы влагопоглотителем при изоляции изделия в непроницаемые пластиковые коконы или использованием летучих ингибиторов коррозии удастся значительно снизить или предотвратить коррозию.

Одним из эффективных способов защиты от коррозии является использование смазочных материалов или нефтяных покрытий. К важнейшим преимуществам нефтяных покрытий относятся их доступность, относительная простота консервации и расконсервации и возможность совмещения рабочих функций с защитными, что особенно ценно для военной техники, которая в большинстве своем находится на длительном хранении.

Основу нефтяных покрытий составляют углеводороды, т. е. смазочные масла, однако обычные масла обладают невысокой защитной способностью. Нефтяные масла могут защищать металл от коррозии в районах умеренного климата не более 3...6 месяцев.

Основным средством повышения защитных свойств смазочного материала является использование ингибиторов коррозии. По своему составу ингибиторы коррозии подразделяются на водорастворимые и маслорастворимые. К водорастворимым относятся нитрит натрия, нитрит дициклогексиламина, сульфонат натрия и др.

К эффективным ингибиторам коррозии относятся непредельные жирные кислоты и оксикислоты и их эфиры, синтетические жирные кислоты, окисленный перламутр (присадка МНИ-5) и окисленный церезин (присадка МНИ-7). Все они используются в составе

тех или иных защитных нефтяных покрытий, но не могут служить ингибиторами коррозии для рабочих смазочных масел, так как они ухудшают химическую стабильность, моющие и другие свойства масла.

Основным требованием к маслорастворимым ингибиторам коррозии, пригодным для защиты рабочих поверхностей, является создание на металле прочной влагоупорной пленки без ухудшения эксплуатационных свойств масла. Этим требованиям наиболее полно отвечает концентрат сульфоната кальция и нитрированное масло.

Концентрат сульфоната кальция получают обработкой смазочного масла жидким сернистым ангидридом с последующей нейтрализацией гидратом оксида кальция. Многозольный сульфонат кальция входит в защитные составы НГ-203, БМП и в композицию присадок КП, предназначенную для улучшения рабочих и защитных свойств смазочных масел.

Нитрированное масло получают обработкой смазочного масла азотной кислотой. Ингибирующее действие нитрированного масла заключается в образовании на поверхности металла прочной окисной пленки с дальнейшими наслоениями адсорбционных слоев. На основе нитрированного масла получена присадка АКОР, представляющая собой смесь высоковязкого нитрированного масла с небольшим количеством стеариновой кислоты и синтетических жирных кислот. Добавка 10% АКОР к моторным и трансмиссионным маслам обеспечивает способность масел защищать от коррозии детали из стали, чугуна и цветных металлов. Одновременно присадка АКОР улучшает антикоррозионные и моющие свойства моторных масел. Защитные свойства присущи некоторым многофункциональным присадкам ПМС, АСК, ИП-22к и др.

Защитные консервационные свойства нефтяных покрытий определяют по отдельным физико-химическим показателям (влаго- и газопроницаемости, сползаемости, смазываемости и т. д.), состоянию металлических поверхностей с нанесенным покрытием, помещаемых в специальные камеры, электрометрическим испытаниям, а также натуральным поверхкам защищаемых образцов техники.

В зависимости от требования к покрытиям испытания проводят в камерах морского тумана, агрессивных газов, а также в камерах тепла и холода. Указанные камеры используют в отдельности или в той или иной комбинации, чередуя испытания в них через определенный цикл времени. Защитные свойства покрытий оценивают по состоянию поверхностей пластин. Чем больше комбинированных циклов выдерживает покрытие, тем лучше его защитные свойства.

Сущность электрометрических испытаний заключается в регистрации проводимости покрытием электрического тока при погружении металлических пластин с покрытием в электролит.

*Механизм и факторы коррозии трущихся деталей.* При воздействии смазочного материала на трущиеся детали имеет место как

химическая, так и электрохимическая коррозия, причем наибольшее разрушение металла наблюдается в том случае, когда химической коррозии предшествует или ее сопровождает электрохимическая. В связи с широким использованием сернистых топлив решающее значение приобрела электрохимическая коррозия трущихся деталей, особенно вкладышей подшипников, так как продукты сгорания серы, попадая в картер двигателя, дают серную и сернистую кислоты, являющиеся сильными электролитами.

Разрушение подшипников проходит в несколько стадий. В начале на гладкой блестящей поверхности заливки появляются точки, которые приводят к образованию небольших изъязвлений и раковин, затем раковины соединяются едва заметными трещинами, по которым в дальнейшем выкрашиваются целые куски заливки.

Степень коррозионного разрушения трущихся деталей зависит от материала трущихся пар, температуры, давления между трущимися деталями и скорости их перемещения, а также коррозионности смазочного материала.

Стремление повысить долговечность и антифрикционные свойства трущихся деталей крайне расширило ассортимент используемых для этой цели материалов. Наряду с отдельными металлами и их сплавами получили распространение пластические массы.

Чтобы придать вкладышам подшипников хорошие антифрикционные свойства, способность смягчать ударные нагрузки и легко прирабатываться к шейке вала, вкладыши, как правило, изготавливают в виде сплавов цветных металлов. Длительное время наилучшим антифрикционным материалом для умеренных нагрузок и температур считался баббит (89 % олова; 7,5 % сурьмы и 3,5 % меди). Этот сплав оказался непригодным для форсированных двигателей, в которых нагрузки на подшипник превышают  $100 \text{ кг/см}^2$  и температура его более  $100^\circ\text{C}$ . Появились сплавы с улучшенными механическими свойствами: свинцовистые баббит, бронза, кадмиево-серебряные, алюминиевые, многослойные вкладыши с индиевым покрытием и т.д. Наиболее широко в двигателях используют баббиты и свинцовистую бронзу. Свинцовистыми баббитами марки БСО-Су-6-6, содержащими 5,5...6,5 % олова и столько же сурьмы (остальное свинец), заливают вкладыши автомобильных карбюраторных двигателей. Такие вкладыши сравнительно плохо принимают ударную нагрузку, обладают недостаточной теплопроводимостью и подвержены коррозии продуктами окисления масла.

Свинцовистой бронзой, содержащей 75 % меди и 25 % свинца, заливают вкладыши, которая при удовлетворительных антифрикционных свойствах обладает высокой усталостной прочностью и термической стойкостью, а также значительной теплопроводностью. Однако свинцовистая бронза при всех преимуществах имеет крупный недостаток: она подвержена коррозии органическими кислотами, которые легко взаимодействуют со свинцом.

За последние годы получили развитие алюминиево-сурьмяные сплавы (АСМ), не содержащие свинца. Вкладыши изготавливают в виде биметаллической ленты. Такие вкладыши благодаря высокой прочности используют в тракторных дизелях.

В последних конструкциях автомобильных карбюраторных двигателях (ЗИЛ-114) используют триметаллические тонкостенные вкладыши, представляющие собой стальную ленту, на которую нанесен медно-никелевый подслоя, залитый маловязким баббитом. Нанесение на верхний слой вкладыша тонкого слоя индия значительно повышает стойкость к органическим кислотам. Повышение сопротивляемости материалов коррозии достигается нанесением коррозионностойких покрытий или обработкой поверхности. Коррозионную стойкость гильз и поршневых колец улучшают нанесением покрытий хрома или олова, фосфатированием, закалкой токами высокой частоты и т.п. Шатунные и коренные шейки современных автомобильных и тракторных коленчатых валов изготавливают из стали с последующей индукционной закалкой. Наиболее радикальным средством увеличения срока службы шеек вала является их нитрирование и особенности хромирование.

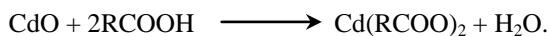
## **7.5. Коррозионность масел**

Коррозионность смазочного материала связана с присутствием в нем органических кислот и других продуктов окисления масла, сернистых соединений, неорганических кислот, щелочей и воды. В каждом случае обязательно действие всех перечисленных веществ. Необходимо различать коррозионность масла свежего, связанную с наличием в нем природных органических кислот, сернистых соединений, и масла в процессе использования, когда коррозионность его резко возрастает вследствие появления в нем новых, более сильных коррозионных агентов.

Органические кислоты присутствуют в любом свежем масле в виде нафтеновых кислот, не удаленных полностью при очистке. Содержание их в масле обычно не превышает 0,4 мг КОН на 1 г масла. Указанные кислоты практически не опасны в коррозионном отношении, так как благодаря высокому молекулярному весу они слабо диссоциируют. Наиболее агрессивны кислоты, образующиеся при окислении масла. Среди различных продуктов окисления встречаются низкомолекулярные карбоновые кислоты, обладающие повышенной коррозионностью вследствие растворимости их в воде и лучшей диссоциацией. Содержание кислот в процессе применения масла увеличивается: в три-пять и более раз. Количество образующихся кислот зависит от химической стабильности масла, наличия в нем антиокислителей и условий применения масла.

Коррозия под действием органических кислот заключается в электрохимическом растворении металлов. Легко подвержены кор-

розии кадмий, свинец, железо. Растворение металла в высокомолекулярных кислотах предшествует образованию окисла. Растворение кадмия протекает по уравнению:



Сернистые соединения составляют значительную долю смазочного масла, например, в маслах из сернистых нефтей при средней молекулярной массе 400...500 содержание серы составляет 1,0...1,5%, что отвечает примерно 15...20 % сернистых соединений в этом масле. Указанные соединения присутствуют в масле в виде сульфидов, компонентов остаточной серы и др. В процессе применения масла сернистые соединения под действием высоких температур могут видоизменяться, появляются более активные продукты: сероводород, меркаптаны и др.

Наиболее агрессивно сернистые соединения действуют при высоких температурах на серебро, медь, свинец. Механизм коррозионного действия заключается в первоначальном образовании комплексного соединения металла с сернистым соединением, отлагающегося на поверхности подшипников и оказывающего защитное действие. В условиях температуры образовавшийся комплекс разлагается с выделением сульфида, который, будучи твердым и хрупким, распадается на отдельные частицы, что приводит к потере металла.

Таким образом, в зависимости от условий протекания коррозионного процесса природные сернистые соединения могут играть двоякую роль: тормозить или стимулировать коррозию. Очевидно, что только преобладанием процесса торможения можно объяснить лучшие антикоррозионные свойства масел из сернистых нефтей по сравнению с малосернистыми.

Неорганические кислоты в свежем масле отсутствуют, но они неизбежно появляются в масле при работе на сернистом топливе в результате конденсации в картере двигателя серного и сернистого газа совместно с парами воды. Образующиеся серная и сернистая кислоты наиболее сильно электролитически разрушают свинец и кадмий.

Щелочи в свежих маслах без присадок отсутствуют, но масла могут приобретать значительную щелочность в результате добавки к ним моющих и антикоррозионных присадок. Щелочность пластичных смазок объясняется избытком гидрантов окиси металлов, взятых для омыления.

Вода является средой для электрохимических процессов, она также каталитически ускоряет процесс окисления масла, т.е. косвенно способствует протеканию коррозии. Источником воды в смазоч-

ном масле является конденсация на холодных стенках ее паров, образовавшихся при сгорании топлива, или атмосферная влага.

Коррозионные свойства смазочных материалов оценивают по данным их физико-химического анализа на содержание активных веществ и потенциальной коррозионности. К физико-химическим показателям относятся кислотное число, водорастворимые кислоты и щелочи и содержание воды.

Потенциальную коррозионность оценивают по потере массы свинцовой пластинки ( $\text{г/м}^2$ ), подвергаемой контакту с маслом и кислородом воздуха при температуре  $140^\circ\text{C}$  в течение 10 или 50 часов. В данном методе на свинцовую пластинку действуют не только те кислые продукты, содержащиеся в масле, но и те, которые образуются при окислении масла в процессе испытания.

## 7.6. Стабильность смазочных масел

Различают физическую и химическую стабильность. Под **физической стабильностью** понимают устойчивость смазочных материалов к физическим процессам, ведущим к изменению их состава и свойств. Изменения состава и свойств наступают в результате потери легких фракций при испарении, образования стойкой пены и эмульсии при перемешивании, выпадения из масла комплексных присадок при отстаивании, нарушения коллоидной стабильности смазок и т.д.

*Испаряемость.* Основу смазочных материалов составляют фракции нефти, выкипающие при  $200 \dots 500^\circ\text{C}$ . Однако при эксплуатации двигателей происходит испарение масел и смазок, что ухудшает их эксплуатационные свойства. Потеря легких фракций приводит к увеличению расхода масла, ухудшению его вязкостно-температурных свойств, повышению температуры застывания.

Об испаряемости смазочных масел судят по их фракционному составу и по температуре вспышки. Фракционный состав масел определяют при остаточном давлении  $13,3 \dots 533,3$  Па или методом молекулярной дистилляции, основанным на свободном испарении масла в глубоком вакууме. Однако эти методы сложны и малопригодны для контроля качества масел. Для условной оценки фракционного состава смазочных масел используется метод тонкослойного испарения масла из алюминиевых чашечек. Данные фракционного состава ряда масел при тонкослойном испарении позволяют установить четкое различие между ними.

Температура вспышки характеризует наличие в масле легких фракций: чем она ниже, тем при более низкой температуре выкипают первые фракции. Очень низкая температура вспышки свидетельствует о наличии в масле примесей топливных фракций и является показателем его пожароопасности.

*Деэмульгирующие свойства.* Под деэмульгирующими свойствами масла понимается его способность быстро отделяться от воды, после того как масло и вода будут тем или иным способом перемешены. Проблема эмульгируемости наиболее актуальна для систем смазки машин, работающих во влажной среде или при возможности попадания воды в систему смазки.

Эмульсии вызывают коррозию металла вследствие наличия в них воды, ухудшают смазывающие свойства, повышают вязкость и служат источником низкотемпературных осадков (шлама). Образование стойких эмульсий сокращает срок работы масла и служит причиной его преждевременной смены.

Образующиеся в масле эмульсии относятся к типу «вода в масле» и подразделяются на грубо- и тонкодисперсные. Грубодисперсная эмульсия состоит из относительно крупных капель воды, разделенных слоем масла, в тонкодисперсной размер капель воды небольшой, примерно 1 мкм. Тонкодисперсные эмульсии белого цвета, непрозрачны вследствие значительной разности коэффициентов преломления света в воде и масле. Эмульсии первого вида непрочны и легко распадаются при механическом и тепловом воздействии. Эмульсии второго вида отличаются повышенной прочностью, образование их может нарушить нормальную работу машин.

Основной причиной устойчивости эмульсии являются защитные пленки эмульгатора, обволакивающие капли воды и механические примеси. Эмульгаторы — это поверхностно-активные вещества, способные концентрироваться на границе между поверхностью капель воды и масла. К эмульгаторам эмульсии «вода в масле» относятся гидрофобные вещества: смолы, щелочные элементы, мыла органических кислот и т. п. Особенно значительно влияние солей нафтенных и карбоновых кислот, образующихся вследствие коррозии металла. Например, добавление к турбинному маслу 0,005 % нафтената железа способствует образованию эмульсии, не расслаивающейся в течение нескольких месяцев. Твердые частицы, образовавшиеся при окислении масла или попавшие извне, удерживаются на границе раздела фаз вода-масло, что повышает механическую прочность граничных слоев и как бы бронирует капли воды.

Склонность масла к разрушению эмульсии зависит от его деэмульгирующих свойств, а также от внешних условий: интенсивности перемешивания масла с водой и температуры.

Свежие нефтяные масла обычно обладают высокой деэмульгирующей способностью, которая улучшается с понижением вязкости масла и увеличением степени очистки. Деэмульгирующие свойства масел усиливаются введением в них веществ, способных растворять или вытеснять из состава защитных пленок природные эмульгаторы. Образованные деэмульгаторами пленки менее прочны, чем первоначальные, они легко разрываются при соприкосновении капелек воды. Деэмульгирующими свойствами обладают нафтенаты кальция и

алюминия, а также диалкилдитиофосфаты, особенно бария. При этом, чем длиннее углеводородный радикал, тем выше ее деэмульгирующее действие.

Чем выше кратность циркуляции, тем меньше время пребывания масла в состоянии покоя в баке и тем больше образуется эмульсии. Для лучшего отстаивания масла снижают кратность циркуляции путем увеличения емкости масляных систем. С повышением температуры большинство эмульсий утрачивает стойкость.

Поскольку основным источником образования эмульсий являются вода и органические кислоты, на основе которых образуются эффективные эмульгаторы, в системах смазки, где возможно образование эмульсий, обычно используют масла с высокой химической стабильностью и минимальной кислотностью и принимают меры для своевременного удаления воды из масла.

Деэмульгирующую способность оценивают числом деэмульсации, под которым понимают время в минутах, в течение которого происходит полное разрушение эмульсии, образовавшейся при пропуске водяного пара через масло в условиях испытания.

*Вспениваемость.* В смазочном масле всегда содержится растворенный воздух в количестве 5...25 % по объему масла. В определенных условиях в масле могут находиться легкие пары горючего и отработанные газы. Вспениваемость является результатом выделения из масла воздуха, паров и газов. Пена представляет собой небольшие пузырьки газа, заключенные в пленки масла. Чем прочнее масляная оболочка, тем устойчивее пена.

Наличие пены нарушает нормальный режим смазки: уменьшается подача масла к узлам трения в связи с увеличением его объема за счет вспенивания, в результате чего узлы трения перегреваются и быстрее изнашиваются; увеличиваются потери масла через уплотнения и сифтеры; масло интенсивнее окисляется. Пена в гидравлических системах из-за сжатия и расширения воздушных пузырьков вызывает неравномерное, а зачастую скачкообразное движения рабочих механизмов.

Чем интенсивнее перемешивается масло с воздухом в системе смазки и чем больше в системе различных узких зазоров, через которые масло вытекает в атмосферу под большим давлением, тем сильнее его вспениваемость. Для разрушения пены в системе смазки предусматривают пеногасители и воздухоотделители.

С повышением температуры масла пенообразование уменьшается вследствие уменьшения растворимости газов, снижения прочности масляных пленок и повышения давления в пузырьках воздуха. Понижение давления окружающего воздуха приводит к увеличению пенообразования в результате бурного выделения воздуха из масла.

Из физических характеристик масла наибольшее влияние на пенообразование оказывают поверхностное натяжение, плотность и

вязкость. Чем выше поверхностное натяжение и чем меньше плотность, тем интенсивнее пенообразование. Зависимость пенообразования от вязкости масла неоднозначна. В области небольших вязкостей пенообразование с повышением вязкости уменьшается, а затем возрастает, достигая максимума при  $3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ , а при дальнейшем повышении вязкости опять снижается. С повышением температуры продолжительность существования пены уменьшается.

Образованию устойчивой пены способствует содержащиеся в масле поверхностно-активные вещества: смолы, некоторые присадки, а также вода. Даже следы воды усиливают пенообразование.

Наиболее активный способ борьбы с пенообразованием — введение в масло антипенных присадок. Чаще всего для этой цели используют полисилоксаны (присадку ПМС-200А). Антипенное действие основано на их слабой растворимости в масле и небольшом поверхностном натяжении. Тонкодиспергированные в масле частицы присадки концентрируются на разделе фаз и гасят пузырьки пены. Присадку добавляют в количестве 0,001...0,0001 %.

Под **химической стабильностью** смазочных материалов понимают их способность противостоять химическим процессам, ведущим к изменению состава и свойств. Наиболее характерным химическим процессом такого рода является окисление. Поэтому обычно химическую стабильность оценивают по способности противостоять воздействию кислорода. Однако при этом следует учитывать и другие химические процессы. Так, глубокому окислению обычно сопутствуют окислительная конденсация и полимеризация.

В результате окисления и других сопутствующих окислению реакций изменяется химический состав смазочного материала и его физико-химические свойства: масло темнеет, увеличивается вязкость, возрастает кислотное число, появляются нерастворимые вещества. Продукты окисления вызывают коррозию, лаковые отложения, нагары и осадки в системе смазки. Все это отражается на способности смазочного материала выполнять предназначенные ему функции, ограничивает срок его службы, ухудшает техническое состояние двигателей и механизмов и приводит к необходимости принимать меры, уменьшающие окисление и снижающие вред, приносимый продуктами окисления.

Характер и скорость химических превращений зависит от состава смазочного материала, концентрации кислорода, температуры и от наличия в окисляемой среде веществ, ускоряющих или замедляющих реакции.

Окисляемость смазочных материалов определяется в основном углеводородным составом, а также наличием в них сернистых, кислородных и других соединений.

Из трех групп углеводов, входящих в состав масла, наименее подвержены окислению ароматические, затем следуют

циклановые и легче всего окисляются при высоких температурах алкановые углеводороды.

По мере усложнения молекул ароматических углеводородов стабильность их снижается, основным продуктом окисления являются смолистые вещества. Лишь незначительная часть ароматических углеводородов окисляется с разрывом кольца и образованием кислых продуктов. В отличие от углеводородов с конденсированными ядрами соединения типа дифенилметана и трифенилметана окисляются очень легко. Наличие боковых цепей увеличивает способность ароматических углеводородов к окислению. Кислород сначала внедряется в боковые цепи с образованием перекисей, альдегидов, кислот и т.п., а затем начинает действовать на ядро.

Циклановые углеводороды, как и ароматические, без боковых цепей окисляются труднее, чем с боковыми цепями. Окисление, как правило, сопровождается разрывом кольца с образованием карбоновых и оксикарбоновых кислот. Легче окисляются циклоароматические углеводороды с образованием смол. Алкановые углеводороды сравнительно устойчивы к действию кислорода при умеренных температурах, однако сопротивляемость их резко снижается с повышением температуры. Продуктами окисления являются карбоновые и оксикарбоновые кислоты.

Находясь в смеси, углеводороды взаимно влияют на окисление друг друга. В частности, присутствие ароматических углеводородов повышает устойчивость циклановых углеводородов, составляющих основную часть масла.

Сернистые соединения при небольшом содержании их в углеводородах разрушают перекиси и тем самым тормозят окисление углеводородов; при значительном содержании сернистые соединения вступают непосредственно в контакт с кислородом, что ускоряет окисление масла. Сериорганические соединения окисляются легче, чем соответствующие углеводороды масел, с образованием сульфоксидов и сульфонов. Наиболее стабильные масла получают при содержании серы в количестве 0,3...0,5 %. Влияние сернистых соединений на окисление сказывается также косвенно — в изоляции окисляемого вещества от металлических катализаторов.

Среди естественных кислородных соединений на процесс окисления влияют смолистые продукты. Добавленные в глубокоочищенное масло в количестве около 1 %, смолы затормаживают процесс окисления, однако лишь в том случае, если они содержат соединения фенольного типа. Известно, что переочищенные масла, лишенные природных антиокислителей, окисляются наиболее легко; поэтому каждый способ очистки ограничен определенными пределами, обеспечивающими оптимальные качественные показатели.

При обычно наблюдаемых температурах (20...30 °С и ниже) окисление протекает медленно, и практически качество масла не изменяется в течение ряда лет. При 50...60 °С скорость окисления ста-

новится заметной, возрастая по мере повышения температуры. При температуре до 275...300 °С протекают в основном окислительные и термоокислительные превращения, а при более высокой температуре происходят процессы термического распада и окислительного крекинга.

Каталитическое действие металлов объясняется образованием солей при реакции с кислотами масла в присутствии воды и кислорода воздуха. Основную роль в катализирующем действии оказывают катионы. Поэтому наибольшей каталитической активностью обладают в окисляемом продукте соли металлов с переменной валентностью. Катализатор действует на стадии инициирования процесса окисления. Одним из основных проявлений действий катализатора является торможение образования веществ, препятствующих окислению. Каталитическое действие металла прекращается, когда металл покрывается защитной пленкой, образуемой продуктами окисления. Алюминий и олово, всегда покрытые окисной пленкой, практически не ускоряют окисление, а некоторые их соли даже тормозят его.

Наиболее радикальным средством повышения стабильности масел является добавка антиокислительных присадок. По механизму антиокислительного действия присадки разделяются на прямые антиокислители, которые непосредственно влияют на процесс окисления, и присадки, влияющие на окисление косвенно — через пассивацию металла как катализатора окисления.

Среди истинных антиокислителей наибольшей эффективностью обладают экранированные фенолы. Такие присадки хорошо растворяются в маслах и не выпадают из них при низких температурах. Эффективность антиокислительных присадок проявляется при добавке их в количестве 0,02...0,5 % при температуре не выше 120...150 °С к относительно глубоочищенным маслам: турбинным, трансформаторным, реактивным, гидравлическим и т.п. В случае применения моторных масел, для которых температуры выше, пригодными оказываются термические присадки, снижающие лакообразование в тонком слое.

## **7.7. Совместимость смазочных масел**

Для обеспечения безотказной работы техники применяются несколько десятков масел с различными присадками.

Систематические работы по сокращению числа марок смазочных масел не привели их к оптимальному уровню.

Немаловажное значение имеет требование к унификации моторных масел применяемых на наземной технике. Опыт последних лет свидетельствует о том, что применительно к наземной технике целесообразно решать проблемы унификации моторных масел на основе всепогодных универсальных масел. Тем самым создается воз-

возможность отказа от сезонных (летних, зимних) масел, а также от масел, которые применимы либо только в бензиновых, либо только в дизельных двигателях. Эта проблема тесно связана с проблемой совместимости масел. Решение ее позволит упорядочить применение масел, сыграет определенную роль в разработке унифицированных марок и использование различных марок масел.

Проблема совместимости связана также с необходимостью использования на отечественной технике зарубежных масел.

Сложность заключается в том, что при взаимодействии присадок могут проявляться эффекты антагонизма или синергизма, которые даже по отношению к однотипным по эксплуатационным свойствам присадкам являются сложным не изученным явлением. Взаимодействие между компонентами масел в малополярной среде могут протекать с образованием ван-дер-ваальсовых, водородных, ионных, электро донорно-акцепторной связей, а также с получением комплексов с переносом заряда. В результате этих взаимодействий может наблюдаться нарушение физической стабильности и выпадение той или иной присадки, а также расслоение масла на две фазы или изменение его физико-химических свойств. Межмолекулярные взаимодействия могут усиливаться при высокой температуре и в присутствии воды. Вследствие взаимодействия компонентов масел ухудшаются в некоторых случаях термоокислительная и гидролитическая стабильность, а также моющие и противоионные свойства, повышается коррозионность смеси масел. Смесь масел с ухудшенным качеством не может быть использована в дорогостоящей технике, так как это приводит к сокращению ресурса двигателя и даже может стать причиной выхода из строя силовых установок.

В свою очередь проблема совместимости тесно связана с техническими, экономическими и экологическими аспектами, такими как сокращение времени подготовки техники к действию, упрощение порядка обеспечения организаций, эксплуатирующих различную технику, маслами, использование совместимых масел, что обеспечивает уменьшение их расхода за счет исключения операции слива масел, не отработавших установленного срока. Кроме того, при переходе на новые марки масел исключаются операции промывки смазочных систем заправляемым маслом.

Существует ряд формулировок термина «совместимость». Масла совместимы, если при их смешении не нарушается физическая стабильность растворов присадок, приводящая к выпадению той или иной присадки, расслоению масел на две фазы и изменению их свойств.

Данная формулировка носит неопределенный характер, а именно ухудшение каких свойств — физических, химических или эксплуатационных приводит к несовместимости. Так, ухудшение цвета, плотности, вязкости, зольности или других показателей еще не дает право сделать заключение о несовместимости масла. Кроме то-

го, если выпадение осадка еще можно определить визуально, то установить расслоение в маслах, имеющих темный цвет, затруднено.

Более полные определения термина совместимости приведены в ГОСТ 237002-78 «Обеспечение износостойкости изделий. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения» и в ГОСТ 26098-84 «Нефтепродукты. Термины и определения». В первом источнике совместимость рассматривается как способность двух или нескольких смазочных материалов смешиваться между собой без ухудшения их эксплуатационных свойств и стабильности при хранении, а во втором под функциональной совместимостью нефтепродуктов понимается свойство, определяющее способность двух или более нефтепродуктов сохранять эксплуатационные свойства при смешении. Эти определения совместимости более приемлемы, ибо они включают такие важные свойства нефтепродукта, как эксплуатационные. Однако данные определения не устанавливают границы совместимости. Кроме того, при смешении некоторых присадок могут проявляться как эффекты синергизма, так и антагонизма. Такое же явление может оказаться у масел, когда при добавлении одного из масел в другое в небольшом количестве ухудшение свойств смеси не будет наблюдаться, а дальнейшее увеличение смешиваемых количеств окажет отрицательное влияние.

В данном случае трудно назвать эти масла несовместимыми или совместимыми. В этом случае необходимо ввести дополнительный термин «ограниченная совместимость». Ограниченная совместимость — это свойство двух или нескольких масел, при смешении которых в определенном соотношении не происходит ухудшение эксплуатационных свойств.

Окончательно понятие совместимость можно сформулировать таким образом. Совместимость — это способность двух или нескольких масел смешиваться между собой в различных соотношениях без ухудшения эксплуатационных свойств смеси. Важнейшими направлениями решения проблемы совместимости являются: разработка единой методики оценки совместимости по эксплуатационным свойствам; разработка экспресс-метода оценки совместимости масел; комплексное исследование совместимости масел; разработка рекомендаций по применению смесей масел на технике.

Следует отметить, что практический интерес представляет установление возможности смешения масел для бензиновых, дизельных и газотурбинных двигателей между собой.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Перечислите эксплуатационные свойства масел.
2. Объясните, как влияет вязкость масла на работу агрегатов машин.

3. С какой целью применяют депрессорные присадки и каков механизм их действия?
4. Опишите механизм противоизносных свойств масел.
5. Какие присадки улучшают расклинивающие свойства масел?
6. С какой целью в масло добавляются присадки содержащие серу, хлор и фосфор? Приведите пример такой присадки.
7. С какой целью добавляется к смазочным маслам дисульфид молибдена?
8. Как влияет высокая температура эксплуатации на противозадирные и противоизносные присадки?
9. Объясните механизм действия моющей присадки.
10. Что такое совместимость масел?

## ГЛАВА 8. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

### 8.1. Назначение и состав пластичных смазок

Пластичные смазки являются особой группой смазочных материалов, применяемых для смазывания, консервации и уплотнения тех узлов трения, в которых жидкое масло не может быть использовано из-за специфических условий работы и конструкции узла.

Пластичные смазки занимают промежуточное положение между твердыми смазочными материалами и маслами. При небольших нагрузках смазки ведут себя как твердые тела, а при критических, превышающих прочность структурного каркаса (обычно 50...2000 Па), они текут. После снятия нагрузки смазки опять приобретают свойства твердого тела. Благодаря этому применение смазок позволяет упростить конструкцию узла трения. Сочетание свойств твердого тела и жидкости позволяет использовать смазки для смазывания негерметичных узлов трения и защиты от коррозии открытых металлических поверхностей.

В соответствии с ГОСТ 26098-84 «Нефтепродукты. Термины и определения» под пластичной смазкой понимается нефтепродукт или синтетический продукт, отличающийся наличием структурного каркаса, образованного частицами загустителя, в ячейки которого заключено масло, и предназначенный для снижения износа трущихся поверхностей, консервации изделий, герметизации уплотнений и соединений.

При обычных температурах пластичные смазки представляют собой коллоидные системы. Внешне – это мазеобразные вещества от светло-желтого (иногда белого) до темно-коричневого и черного цвета.

Основная функция смазок – уменьшение износа трущихся деталей с целью продления срока службы машин и механизмов. Наряду с этим смазки выполняют и другие функции. Так, в отдельных случаях они не только уменьшают износ, сколько упорядочивают его, не допуская задира, загрязнения и заклинивания трущихся поверхностей. Смазки препятствуют проникновению к трущимся поверхностям агрессивных жидкостей, газов и паров, а также абразивных материалов (пыли, грязи и т. п.). Практически все смазки выполняют защитные функции, предотвращая коррозию металлических поверхностей. Благодаря антифрикционным свойствам, смазки существенно уменьшают затраты энергии на трение, что позволяет снизить потери мощности машин и механизмов.

Для защиты от коррозии металлических изделий, машин и оборудования при их транспортировании и длительном хранении применяют специальные консервационные смазки. Наряду с консервационными смазками вырабатывают рабоче-консервационные, ко-

торые перед началом эксплуатации техники нет необходимости заменять на антифрикционные.

Для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, а также соединений трубопроводов и запорной арматуры применяют уплотнительные смазки, причем смазки обладают лучшими герметизирующими свойствами, чем масла.

Область применения смазок:

- открытые и трудногерметизированные узлы трения;
- узлы трения с ограниченным доступом к ним (труднодоступные);
- узлы трения, где невозможна частая смена смазочного материала;
- переменный скоростной режим эксплуатации машин;
- вынужденный контакт узла трения или защищаемой поверхности с водой либо агрессивными средами;
- условия резко изменяющегося температурного режима;
- герметизация подвижных уплотнений, сальников и резьбовых соединений;
- длительная консервация машин, оборудования, приборов и металлических изделий;
- необходимость упростить конструкцию, уменьшить массу и размер смазываемых устройств.

Для обеспечения перечисленных условий только 14 % смазок расходуется для консервации и 2 % – для герметизации. Остальные смазки используют для уменьшения трения и износа трущихся деталей в качестве антифрикционных смазочных материалов.

По объему производства пластичные смазки уступают смазочным маслам, составляя несколько процентов в общем балансе производства смазочных материалов. Однако число узлов и механизмов трения, смазываемых пластичными смазками, значительно больше тех, которые смазываются маслами. Это объясняется малым расходом пластичных смазок. Так, во многих механизмах количество смазки, вводимой в узел трения, исчисляется в граммах. К тому же сроки смены смазок обычно гораздо больше, чем масел. В ряде узлов трения смазки меняют через несколько тысяч часов работы, что нередко соответствует сроку службы механизмов.

При использовании пластичных смазок не требуется устройства для подачи смазочного материала (масляных насосов, фильтров, трубопроводов и т. п.). Это позволяет упростить конструкцию, уменьшить ее массу и повысить надежность.

Типичными узлами трения, где применяются пластичные смазки, являются:

узлы трения массы и управления автомобилей, ходовой части тракторов, танков, шарнирные соединения механизмов управления и взлетно-посадочных устройств самолетов;

многие, аэронавигационные приборы, КИП, установленные на самолетах, вертолетах и артиллерийских установках.

Основные преимущества смазок, по сравнению с маслами следующие: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, на наклонных и вертикальных поверхностях; не вытекать и не выдавливаясь из узлов трения под действием высоких температур, давлений, ударных нагрузок и переменных режимов скоростей; лучшая смазочная способность (противоизносные и противозадирные свойства); более высокие защитные свойства от коррозии; повышенная водостойкость; способность обеспечивать лучшую герметизацию узлов трения и предохранять их от загрязнения; значительно меньшая зависимость вязкости от температуры, что позволяет применять их в более широком интервале температур; экономичность за счет большего ресурса работоспособности и меньшего расхода; способность в некоторых узлах трения снижать шум и вибрацию. Кроме того, затраты на производство значительно меньше по сравнению с маслами, несмотря на большую стоимость смазок.

Пластичные смазки обладают и рядом недостатков по сравнению с маслами: удерживают во взвешенном состоянии частицы износа трущихся деталей и другие механические примеси, которые вызывают абразивное изнашивание; многие смазки при нагревании быстро теряют пластичные свойства и легко окисляются; имеют более низкую охлаждающую способность (плохо отводят тепло от смазываемых деталей); ряд смазок сильно затвердевает при охлаждении; стоимость смазок выше нефтяных масел.

Любая дисперсная система, независимо от агрегатного состояния веществ, состоит из дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Фазу, состоящую из частиц раздробленного вещества, принято называть дисперсной фазой, а среду, в которой распространены частицы – дисперсионной средой.

Смазки состоят в основном из жидкой фазы (дисперсионной среды), на долю которой приходится от 75 до 90 %, и загустителя (дисперсной фазы), составляющего 10...25 %.

В качестве жидкой фазы в большинстве смазок используют нефтяные минеральные масла и синтетические масла.

Для производства смазок используются маловязкие, средневязкие, высоковязкие минеральные масла нефтяного происхождения. Маловязкие масла, имеющие хорошие низкотемпературные свойства, пологую вязкостно-температурную кривую, идут на приготовление смазок, работающих при низких температурах (до минус 60 °С и ниже). Средневязкие масла используются, главным образом, для производства смазок общего назначения и многоцелевых смазок (солидолы, консталины, Литол-24 и др.). Высоковязкие масла применяются при производстве защитных, уплотнительных и высокотемпературных смазок.

Для производства смазок используются в основном индустриальные, трансформаторные масла, веретенные АУ, масло вазелиновое медицинское, приборное МВП и др.

Для приготовления смазок, эксплуатируемых в широком интервале температур и скоростей, при высоких удельных нагрузках, в глубоком вакууме, в агрессивной среде и т. п., в качестве дисперсионной среды используются различные синтетические масла. Ассортимент их разнообразен. Чаще всего для этих целей используются синтетические жидкости, (сложные двухосновные эфиры, полисилоксаны, полиалкиленгликоли, синтетические углеводороды). Эти смазки производятся ограничено. Лишь отдельные марки из них, используемые в летательных аппаратах и др. изделиях, можно назвать массовыми. Доля смазок на синтетических материалах не превышает 5 % от общего уровня производства смазок.

Сложные эфиры – получают взаимодействием двухосновных органических кислот с алифатическими спиртами изостроения. Сложные эфиры по вязкостно-температурным свойствам и термической стабильности занимают промежуточное положение между полисилоксанами и нефтяными маслами. Недосток сложных эфиров - низкая водостойкость и оказывающее действие на резину.

Полисилоксаны – представляют собой полимерные соединения кремния и кислорода. Они широко применяются при получении смазок, применяемых при высоких температурах. К достоинствам полисилоксанов относится: низкая испаряемость, слабое взаимодействие с резиной и пластмассами, они могут смешиваться с нефтяными маслами. Недосток полисилоксанов – низкие противоизносные свойства.

Полиалкиленгликоли – обладают хорошими вязкостно-температурными и противоизносными свойствами, не действуют на резину.

Синтетические углеводороды – сочетают в себе лучшие качества нефтяных масел, сложных эфиров и полисилоксанов и лишены их недостатков. Обладают хорошими противоизносными свойствами, не действуют на резину.

Многие свойства смазок зависят от масляной основы. Природа, химический состав, групповой и фракционный состав дисперсионной среды существенно влияют на структурообразование и загущающий эффект дисперсной фазы, и следовательно, на эксплуатационные свойства смазок.

От масляной основы зависят:

- работоспособность смазок в определенном интервале температур, силовых и скоростных нагрузок;
- их окисляемость;
- коллоидная стабильность смазок;
- защитные свойства смазок;
- устойчивость к агрессивным средам;

- набухаемость контактирующих изделий из резины, полимеров и т.д.

Низкотемпературные свойства смазок (вязкость при отрицательных температурах, пусковой крутящий момент) зависят от вязкости масляной основы при низких температурах, а испаряемость – от молекулярной массы, фракционного состава и температуры вспышки дисперсионной среды.

Многие характеристики дисперсионных сред зависят не только от природы сырья, из которых они получены, но и от способа получения. Известно, что нефтяные товарные масла одного уровня вязкости, но полученные различными способами очистки (селективная, кислотнo-щелочная или адсорбционная) дистиллятных или остаточных масляных фракций, существенно отличаются по групповому и химическому составу, что, в случае использования их в качестве дисперсионной среды, значительно отражается на свойствах смазок.

В большей степени, чем дисперсионная среда, на эксплуатационные свойства пластичных смазок влияют загустители (дисперсная фаза).

Температурные пределы применения смазок во многом определяются температурами плавления и разложения загустителя, его растворимостью в масле и концентрацией.

От природы загустителя зависят:

- антифрикционные и защитные свойства;
- водостойкость;
- коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность смазок.

Так, мыла, являясь ПАВ, выполняют в смазках функцию загустителя, а также функции противоизносных и противозадирных компонентов.

Поэтому, классифицируя смазки по составу, прежде всего, выделяют вид загустителя. Так, по природе загустителя все смазки подразделяются на мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

Мыльные смазки являются наиболее распространенными. Мыла – это соли высших жирных кислот, которые получают нейтрализацией высших кислот гидроокисями металлов. На долю мыльных смазок приходится около 80 % объема выпуска всех смазок.

На практике производства смазок для получения мыл используют индивидуальные жирные кислоты, получаемые из природных жиров, сами природные жиры и синтетические жирные кислоты, образующиеся при окислении парафина.

Из индивидуальных кислот для получения смазок наиболее широко используются стеариновая, оксистеариновая, лауриновая, пальметиновая.

Для производства смазок используются щелочи многих металлов – кальция, натрия, калия, лития, магния, цинка, бария, алю-

миния, свинца, стронция, серебра. Однако широко распространены кальциевые, натриевые, литиевые и алюминиевые смазки.

Кальциевые смазки - их называют солидолами. Применяются в узлах, где температура не выше 60...70 °С. Преимуществами их является высокая водостойкость, хорошие защитные и противоизносные свойства.

Натриевые смазки - обладают лучшей термостабильностью, чем кальциевые смазки. Применяются при температуре до 110...130 °С. Основной недостаток - низкая водостойкость.

Литиевые смазки - применение расширяется, температура применения от минус 50 °С до 120 °С и выше.

Алюминиевые смазки обладают повышенной водостойкостью, поэтому наиболее широко применяются в узлах и механизмах, контактирующих с морской водой.

Мыльные смазки подразделяют на обычные и комплексные (Са - Na и т. д). Температура применения обычных мыльных смазок ниже комплексных. Верхний температурный предел применения мыльных смазок следующий: обычные кальциевые – 60...70 °С и комплексные кальциевые – 160...170 °С; обычные литиевые – 110...130 °С и комплексные литиевые – 160...170 °С; обычные алюминиевые – 65...70 °С и комплексные алюминиевые – 150...170 °С.

Углеводородные смазки получают плавлением нефтяного масла с твердыми углеводородами (парафинами, церезинами, петролатумом). Они являются самыми дешевыми смазками, обладают повышенной водостойкостью и защитными свойствами. Работоспособны до 50...65 °С. Из неорганических смазок наиболее распространены силикагелевые смазки. Они устойчивы к окислению и действию агрессивной среды. Обладают недостаточными защитными и противоизносными свойствами. Работоспособны от минус 60 до 170 °С и выше. Смазки на органических загустителях применяют, как правило, в качестве высокотемпературных. В качестве загустителя используются пигменты, производные мочевины и полимеры.

Для придания смазкам особых свойств (механической прочности, устойчивости к высоким температурам и сильным окислителям) к некоторым смазкам добавляют порошкообразные неорганические вещества, называемые наполнителями. Они обладают одновременно и загущающей способностью.

Наполнители – это высокомолекулярные, нерастворимые в маслах материалы, не образующие в смазках коллоидной структуры, однако улучшающие их эксплуатационные свойства.

Распространение получили наполнители, которые характеризуются низкими коэффициентами трения: графит, дисульфид молибдена, слюда, тальк, нитрит бора, сульфиды некоторых металлов, асбест и другие. Достаточно широко используют в качестве наполнителей оксиды цинка, алюминия, олова, бронзы и латуни, которые обычно замешивают в готовую смазку в количестве от 1 до 30%. Та-

кие наполнители применяют преимущественно для производства резбовых и уплотнительных смазок, а также антифрикционных смазок, используемых в тяжелонагруженных узлах трения, скольжения (для облегчения свинчивания, герметизации и увеличения удельного веса смазки).

В смазки, кроме основных компонентов, вводят вещества, стабилизирующие коллоидную систему, а также улучшающие отдельные эксплуатационные свойства.

Некоторые смазки способны расслаиваться на составные части – жидкую среду и загуститель. Для предотвращения расслаивания смазок в них вводят стабилизаторы. В качестве стабилизаторов структурного каркаса смазки применяют такие ПАВ, как глицерин, вода, спирт, жирные кислоты, некоторые мыла, щелочи, нефтяные смолы.

Роль стабилизатора заключается в том, что его молекулы ориентируются на границах раздела «жидкая среда – загуститель (наполнитель)» и тем препятствуют объединению частиц загустителя друг с другом.

Например, в солидолах содержание воды должно быть в пределах 0,5...3,0 %, так она способствует нормальной кристаллизации кальциевого мыла и стабилизирует коллоидную систему смазки.

Для улучшения других эксплуатационных свойств к смазкам добавляются присадки. Присадки – поверхностно-активные вещества, что предопределяет их активность, как в объеме смазки, так и на границе раздела фаз загуститель – дисперсионная среда. Для улучшения свойств смазок применяют противоизносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, антикоррозионные, антиокислительные присадки. Многие присадки являются полифункциональными.

## **8.2. Условия применения и требования к качеству пластичных смазок**

Основными факторами, определяющими условия применения пластичных смазок различного назначения, являются: конструкция узла трения (подшипники качения и скольжения, зубчатые, червячные, винтовые и другие передачи); температура (от минус 70 °С до плюс 300 °С и выше); скорость относительного перемещения трущихся деталей (от 10 мин<sup>-1</sup> до 10000 мин<sup>-1</sup>); нагрузка (от 2 до 20000 МПа); чистота и влажность окружающей среды; контакт с конструкционными материалами; способ подачи смазки.

При определении требований к качеству смазок учитываются их назначение и условия применения.

Антифрикционные смазки должны отвечать следующим требованиям:

- предотвращать изнашивание трущихся деталей;

- обеспечивать снижение затрат энергии на трение;
  - сохранять свой состав и свойства;
  - прочно удерживаться в узлах трения и не сбрасываться с быстро движущихся деталей;
  - обладать водостойкостью, защитной способностью против воздействия коррозионных продуктов внешней среды;
  - не корродировать металлы.
- Требования к качеству консервационных смазок:
- обладать высокой адгезионной способностью, обеспечивающей их прилипание к поверхности и удержание на ней;
  - предотвращать диффузию влаги, коррозионно-активных газов и жидкостей через слой смазки с металлами;
  - обладать способностью нейтрализовывать кислые продукты, образующиеся при окислении смазок;
  - быть стабильными и не содержать веществ, вызывающих коррозию металлов.
- Требования к качеству уплотнительных смазок:
- не разрушаться и не вытекать из уплотнений под действием нагрузок, при повышении температуры и влиянии других факторов;
  - не изменять своих свойств в условиях хранения и применения в уплотнительных устройствах.

### **8.3. Классификация, наименование и обозначение пластичных смазок**

Большое разнообразие различных групп и марок смазок требует их классификации. Существует несколько видов классификации, например, по типу загустителя, структуре, назначению и другим признакам. По консистенции смазки классифицируются на полужидкие, пластичные и твердые.

Пластичные и полужидкие смазки представляют собой коллоидные системы, состоящие из масляной основы и загустителя, а также присадок и добавок, улучшающих различные свойства смазок. Твердые смазки до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем - дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. д. После отверждения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел, и характеризуются низким коэффициентом сухого трения.

По составу (типу загустителя) смазки делят на 4 группы: мыльные, углеводородные, органические и неорганические.

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (синте-

тические жирные кислоты) или жировыми (природные жиры), например, синтетические или жировые солидолы.

Смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества, называют смазками на неорганических загустителях. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые.

Смазки, для получения которых используют термостабильные высокодисперсные с хорошо развитой удельной поверхностью органические вещества, называют смазками на органических загустителях. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые.

Смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (церезин, парафин, различные природные и синтетические воски), называют углеводородными смазками.

По назначению (области применения) в соответствии с ГОСТ 23258-78 смазки подразделяют на 4 группы: *антифрикционные*, снижающие трение и износ в механизмах; *консервационные*, защищающие металлические изделия от коррозии; *уплотнительные*, герметизирующие зазоры в оборудовании и механизмах; *канатные*, используемые для смазывания стальных канатов. В свою очередь антифрикционные смазки подразделяют на подгруппы: смазки общего назначения для обычных температур, общего назначения для повышенных температур, многоцелевые, термостойкие, морозостойкие, химически стойкие, приборные и т. д. Уплотнительные подразделяются на арматурные, резьбовые и вакуумные. Консервационные и канатные смазки деления на подгруппы не имеют.

Наименование пластичной смазки должно состоять из одного слова. Для различных модификаций одной смазки, дополнительно к наименованию, допускается использовать буквенные или цифровые индексы. Примеры наименования: солидол С, солидол Ж, карданная, Фиол-1, Фиол-2, тормозная (ЦИАТИМ-221Д). Допускается при разработке нормативно-технической документации взамен действующей во вводной части в скобках указывать старое наименование смазки.

Обозначение пластичной смазки кратко характеризует ее назначение, состав и свойства.

Обозначение состоит из пяти буквенных и цифровых индексов, расположенных в следующем порядке и указывающих: группу (подгруппу) в соответствии с назначением смазки, загуститель, рекомендуемый (условный) температурный интервал применения, дисперсионную среду, консистенцию смазки.

В зависимости от назначения устанавливают группы и подгруппы смазок, перечисленные в табл. 8.1. Группу (подгруппу) обо-

значают прописными буквами русского алфавита, в соответствии с индексами указанными в четвертой колонке таблицы.

Таблица 8.1

Назначение и применение смазок

Группа	Основное назначение	Подгруппа	Индекс	Применение
1	2	3	4	5
Антифрикционные	Предназначены для снижения износа и трения скольжения сопряженных деталей	Общего назначения для обычных температур (солидолы)	С	Узлы трения с рабочей температурой до 70 °С
		Общего назначения для повышенных температур Многоцелевые	О М	Узлы трения с рабочей температурой до 110 °С Узлы трения с рабочей температурой от минус 30 до плюс 130 °С в условиях повышенной влажности среды. В достаточно мощных механизмах сохраняют работоспособность до минус 40 °С и ниже
		Термостойкие	Ж	Узлы трения с рабочей температурой 150 °С и выше
		Морозостойкие	Н	Узлы трения с рабочей температурой минус 40 °С и ниже
		Противозадирные и противоизносные	И	Подшипники качения при контактных напряжениях выше 2500 МПа (25000 кгс/см <sup>2</sup> ) и подшипники скольжения при удельных нагрузках выше 150 МПа (1500 кгс/см <sup>2</sup> ). Содержат противозадирные присадки или твердые добавки

Продолжение таблицы 8.1

Группа	Основное назначение	Подгруппа	Индекс	Применение
1	2	3	4	5
		Химически стойкие	Х	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами (кислотами, щелочами, галогенами и их соединениями, аминами, углеводородами и т. д.)
		Приборные	П	Узлы трения приборов и точных механизмов
		Редукторные (трансмиссионные)	Т	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
		Прирабочные (дисульфидмолибденовые, графитные и др. пасты)	Д	Сопряженные поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задигов и ускорения приработки
		Узкоспециализированные (отраслевые)	У	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т. п.). Для преимущественного применения в отдельных отраслях техники (автомобильные, железнодорожные, промышленные и др.)
		Брикетные	Б	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов

## Окончание таблицы 8.1

Группа	Основное назначение	Подгруппа	Индекс	Применение
1	2	3	4	5
Консервационные	Предназначены для предотвращения коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации		3	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий
Канатные	Предназначены для предотвращения износа и коррозии стальных канатов		К	Стальные канаты и тросы, органические сердечники стальных канатов
Уплотнительные	Предназначены для герметизации зазоров, облегчения сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений любых, в том числе вакуумных систем	Арматурные  Резьбовые Вакуумные	А  Р В	Запорная арматура и сальниковые устройства  Резьбовые соединения Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем

*Примечание.* Смазку, относящуюся одновременно к двум или более группам (подгруппам), относят к той группе (подгруппе), которая наиболее типична для ее использования.

Тип загустителя обозначают буквами русского алфавита в соответствии с индексами, приведенными в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Обозначение типов загустителей

Загуститель	Индекс	Загуститель	Индекс
<b>Мыло</b>	М	<b>Органические вещества</b>	О
Алюминиевое	Ал	Пигменты	Пг
Бариевое	Ба	Полимеры	Пм
Кальциевое	Ка	Уреаты	Ур
Литиевое	Ли	Фторуглероды	Фу
Натриевого	На		
Свинцовое	Св	<b>Неорганические вещества</b>	Н
Цинковое	Ци		
Комплексное	кМ		
Смесь мыл	$M_1 - M_2$	Глины (бентонитовые и др.)	Би
<b>Углеводороды твердые</b>	Т	Сажа	Сж
		Силикагель	Си

Комплексное мыло обозначают строчной буквой «к» русского алфавита, после которой указывают индекс соответствующего мыла (кБа).

Смесь двух и более загустителей обозначают составным индексом (Ка-На, Ли-Ба и т. д.). На первом месте ставят индекс загустителя, входящего в состав смазки в большей концентрации.

Индексы М, О, Н применяют только в тех случаях, когда загуститель, входящий в одну из трех групп (мыла, органические вещества, неорганические вещества), не предусмотрен перечнем табл. 8.2.

Состав и основные характеристики смазок на различных загустителях и дисперсионных средах приведены в справочном приложении (ГОСТ 23258-78).

Тип загустителя и свойства смазок представлены в табл. 8.3.

Обозначение смазки указывают в водной части нормативно-технической документации на пластичную смазку.

Таблица 8.3

Тип загустителя и свойства смазок

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах			На полиэтилсилоксанах		
		Максимальная температура применения, °С	Гидролитическая устойчивость	Противоизносные и противозадирные свойства	Максимальная температура применения, °С	Гидролитическая устойчивость	Противоизносные и противозадирные свойства
<b>Мыльные смазки</b>							
Натриевые	130-160	100-110	Плохая	Удовлетворительные	110-115	Плохая	Низкие
Литиевые	175-205	110-125	Хорошая	Удовлетворительные	120-130	Хорошая	Низкие
Комплексные литиевые	> 250	150-160		Высокие	160-170	Хорошая	Удовлетворительные
Гидратированные кальциевые	70-85	60-70	Высокая	Хорошие	-	-	-
Безводные кальциевые	130-140	100...110	Высокая	Хорошие	-	-	-
Комплексные кальциевые	> 230	140-150	Удовлетворительная	Высокие	160-170	Удовлетворительная*	Хорошие
Алюминиевые	95-120	65-70	Высокая	Хорошие	-	-	-
Комплексные алюминиевые	> 250	150-160	Высокая	Высокие	160-170	Высокая	Хорошие

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах			На полиэтилсилоксанах		
		Максимальная температура применения, °С	Гидролитическая устойчивость	Противоизнотные и противозадирные свойства	Максимальная температура применения, °С	Гидролитическая устойчивость	Противоизносные и противозадирные свойства
<b>Неорганические смазки</b>							
Силикагелевые	Отсутствие	130-170	Хорошая	Удовлетворительные	160-170	Хорошая	Плохие
Бентонитовые	Отсутствие	120-150	Хорошая	Удовлетворительные	130-150	Хорошая	Плохие
<b>Органические смазки</b>							
Сажевые	Отсутствие	160-200	Высокая	Высокие	300-350**	Высокая	Хорошие
Полимерные (фторсодержащие углеводороды)	Отсутствие	80-150	Удовлетворительная	Высокие	140-160	Удовлетворительная	Хорошие
Пигментные	Отсутствие	160-200	Хорошая	Высокие	250-300**	Хорошая	Хорошие
Полимо- чевинные	Отсутствие	150-200	Хорошая	Хорошие	200-230**	Хорошая	Удовлетворительные
<b>Углеродные смазки</b>							
	50-70	50-65	Высокая	Хорошие	50-65	Высокая	Удовлетворительные
* - поглощают воду и уплотняются							
** - на полиметилфенилсилоксанах							

Наряду с обозначением смазки в нормативно-технической документации указывают необходимые сведения о ее составе, назначении и контролируемых характеристиках.

Рекомендуемый температурный интервал применения смазки обозначают округленно до  $10^{\circ}\text{C}$  дробью. В числителе указывают (без знака минус) уменьшенную в 10 раз максимальную температуру (например, индекс « $3^3/12$ » соответствует температурному интервалу от минус 30 до плюс  $120^{\circ}\text{C}$ ). Рекомендуемый температурный интервал применения имеет ориентировочный характер, так как допустимые температуры применения зависят не только от свойств смазки, но и условий работы (скорость, нагрузка, срок смены смазки), смазываемого узла трения, механизма и т. д.

Тип дисперсионной среды и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами русского алфавита в соответствии с индексами, приведенными в табл.8.4.

Смесь двух и более масел обозначают составным индексом («ик», «уз» и т. д.). На первом месте ставят индекс масла, входящего в состав дисперсионной среды в большей концентрации.

Индекс «п» применяют в тех случаях, когда входящее в состав дисперсионной среды синтетическое или иное масло не предусмотрено перечнем табл.8.4.

При изготовлении смазки на не нефтяном масле индекс «н» не указывают. Он используется только при изготовлении смазки на смеси нефтяного и какого-либо другого масла.

При наличии в смазке твердых добавок их обозначают строчной русской буквой в соответствии с индексами, приведенными в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Обозначение типа дисперсионной среды и твердых добавок

Дисперсионная среда	Индекс
Нефтяное масло	н
Синтетические углеводороды (алкилароматические, изопарафиновые и др.)	у
Кремнийорганические жидкости	к
Сложные эфиры	э
Галогенуглеродные жидкости	ж
Фторсилоксаны	ф
Перфторалкилполиэфиры	а
Прочие масла и жидкости	п
Графит	г
Дисульфид молибдена	д
Порошок свинца	с
Порошок меди	м
Порошок цинка	ц
Прочие твердые добавки	т

Индекс указывают через тире после индекса температурного интервала или индекса дисперсионной среды. Буквенные знаки, входящие в индексное обозначение пластичных смазок представлены в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Буквенные знаки, входящие в индексное обозначение пластичных смазок.

Наименование		Загуститель		Основа и добавка	
Индекс	Расшифровка	Индекс*	Расшифровка	Индекс	Расшифровка
А	Уплотнительная арматура	Ал	Алюминиевое мыло	а	Перфторалкилополиэфир
Б	Антифрикционная брикетная	Ба	Бариевое мыло	г	Графит
В	Уплотнительная вакуумная	Бн	Глина (бентонит и др.)	д	Дисульфид молибдена
Д	Антифрикционная прирабочная	Ли	Литиевое мыло	ж	Галогенуглеродная жидкость
Ж	Антифрикционная термостойкая	М	Мыло	к	Кремнийорганическая жидкость
З	Консервационная	Н	Неорганическое вещество	н**	Нефтяное масло
И	Антифрикционная противозадирная или противоизносная	На	Натриевое мыло	м	Порошок меди
К	Канатная	Ка	Кальциевое мыло	п	Прочие масла и жидкости
М	Антифрикционная многоцелевая	О	Органическое вещество	с	Порошок свинца
Н	Антифрикционная низкотемпературная (морозостойкая)	Пг	Пигмент	т	Прочие твердые добавки

Продолжение таблицы 8.5

Наименование		Загуститель		Основа и добавка	
Индекс	Расшифровка	Индекс*	Расшифровка	Индекс	Расшифровка
О	Антифрикционная общего назначения для обычных температур	Св	Свинцовое мыло	у	Синтетическое масло
П	Антифрикционная приборная	Сж	Сажа	ф	Фторсилоксан
Р	Уплотнительная резьбовая	Си	Силикагель	ц	Порошок цинка
С	Антифрикционная общего назначения для обычных температур	Т	Углероды твердые	э	Сложный эфир
Т	Антифрикционная редукторная	Ур	Полимочевина		
У	Антифрикционная узкоспециализированная	Фу	Фторуглерод		
Х	Антифрикционная химически стойкая	Цн	Цинковое мыло		
* - комплексное мыло обозначают буквой «к» с добавлением знака соответствующего мыла					
** - знак «н» используется только для обозначения смесей нефтяного и какого-либо другого масла. Основа только из нефтяного масла обозначается знаком «-».					

Индексы класса консистенции смазки обозначают арабскими цифрами, приведенными в табл. 8.6. Смазки с пенетрацией промежуточной между классами по консистенции относят к ближайшему индексу класса консистенции. Если индекс консистенции стоит сразу после цифрового индекса температурного интервала, перед ним ставят тире. Классификация пластичных смазок представлена в табл. 8.6.

Таблица 8.6

## Классификация пластичных смазок

Индекс класса консистенции*	Пенетрация при 25 °С по ГОСТ 5346	Визуальная оценка консистенции смазки	Примечание
000	445-475	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу	Полужидкие смазки
00	400-430	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу	Полужидкие смазки
0	355-385	Мягкая	
1	310-340	То же	
2	265-295	Вазелинообразная	
3	220-250	Почти твердая	
4	175-205	Твердая	
5	130-160	Очень твердая, мылообразная	
6	85-115	Очень твердая, мылообразная	
7	ниже 70		

\* - если допустимые пределы пенетрации смазки по нормативам находятся в промежуточном положении, то применяют двойной номер, например 01.

Примеры обозначений: СКа  $\frac{2}{8}$  - 2 – буква «С» обозначает смазку общего назначения для обычных температур (солидол); «Ка» – загущена кальциевым мылом;  $\frac{2}{8}$  – предназначена для применения при температурах от минус 20 до 80 °С (вязкость смазки при минус 20 °С близка к 2000 Па·с (20000 П); отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; «2» – пенетрация 265...295 при 25 °С.

МЛи  $\frac{3}{13}$  - 3 – буква «М» обозначает многоцелевую смазку; «Ли» – загущена литиевым мылом;  $\frac{3}{13}$  – предназначена для применения при температурах от минус 30 до плюс 130 °С; отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; «3» – пенетрация 220...250 при 25 °С.

УНа  $\frac{3}{12}$  э-3 – буква «У» обозначает узкоспециализированную смазку; «На» — загущена натриевым мылом;  $\frac{3}{12}$  – предназначена для применения при температурах от минус 30 до плюс 120 °С; «э» – приготовлена на сложном эфире; «3» – пенетрация 220...250 при 25 °С.

КТ  $\frac{6}{5}$  к-г 4 – буква «К» обозначает канатную смазку; «Т» – загущена твердыми углеводородами;  $\frac{6}{5}$  – предназначена для применения при температурах от минус 60 до 50 °С; «к» – приготовлена на

кремнийорганической жидкости; «г» (после тире) – содержит твердую добавку графит; «4» – пенетрация 175...205 при 25<sup>0</sup>С.

АЦн <sup>0</sup>/<sub>4</sub> п7 – буква «А» обозначает арматурную смазку; «Цн» – загущена цинковым мылом - «<sup>0</sup>/<sub>4</sub>» – предназначена для применения при температурах от 0 до 40 <sup>0</sup>С; «п» – приготовлена на масле, тип которого не предусмотрен перечнем табл. 3. «7» – пенетрация ниже 70 при 25 <sup>0</sup>С.

#### 8.4. Антифрикционные смазки

Ассортимент отечественных смазок включает более 200 наименований. Смазки выпускаются предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также предприятиями химической промышленности, приборостроения, Министерства путей сообщения.

##### Смазки общего назначения для обычных температур.

Смазки общего назначения для обычных температур (солидолы) используют как многоцелевые смазки с учетом ограниченного диапазона температуры применения (до 65...70 <sup>0</sup>С) в узлах и агрегатах автомобилей, тракторов, подъемно-транспортных машин, станков, насосов, компрессоров и т. д.

К смазкам общего назначения для обычных температур относятся: синтетический солидол С, синтетический пресс-солидол С, солидол Ж, пресс-солидол Ж, графитная (УССА).

**Солидол С** (СКа 3/7-2) по ГОСТ 4366-76 – широко распространенная смазка, готовится загущением индустриальных масел средней вязкости ( $\nu_{50} = 17...30$  мм<sup>2</sup>/с при 50 <sup>0</sup>С) кальциевыми мылами СЖК. Имеет хорошие водостойкость, коллоидную стабильность, защитные свойства, низкую механическую стабильность. Применяется для смазки относительно грубых узлов трения механизмов и машин, транспортных средств, шарниров, винтовых и цепных передач, тихоходных шестеренчатых редукторов и др. Работоспособна от минус 20 до 65 <sup>0</sup>С. Заменитель: солидол Ж, Литол-24.

**Пресс-солидол С** (СКа 4/5-1) по составу и характеристикам близок к солидолу С, но превосходит его по низкотемпературным свойствам.

**Солидол Ж** (СКа 3/6-2) и **пресс-солидол Ж** (СКа 3/6-0) по ГОСТ 1033-79 - загущенная смесь индустриальных масел средней вязкости ( $\nu_{50} = 18...33$  мм<sup>2</sup>/с) гидратированным кальциевым мылом жирных кислот. Содержание мыла в них соответственно 11 и 9%. По основным характеристикам близки к синтетическим солидолам. Обладают лучшими вязкостно-температурными свойствами, меньше уплотняются при хранении. Работоспособны от минус 30 до 65 <sup>0</sup>С. Заменитель: Литол-24, Униол-1.

**Смазка графитная (УССА)** (СКА 2/6-г3) по ГОСТ 3333-80 – мягкая мазь черного цвета. Близка по технологии получения синтетическим солидолом, но приготовлена на более вязком цилиндрическом масле и содержит 10 % графита. Применяется для смазывания узлов трения скольжения тяжело нагруженных тихоходных механизмов, рессор, торсионных подвесок гусеничных машин, открытых зубчатых передач, ходовых винтов домкратов и т. д. непригодна для применения в подшипниках качения и точных механизмах. Работоспособна от минус 20 до плюс 60 °С. Допускается применение ниже – 20 °С в рессорах и аналогичных устройствах. Дублирующая марка: солидолы с 10 % графита, ВНИИ НП-232, ВНИИ НП-242.

#### **Смазки общего назначения для повышенных температур.**

Предназначены для применения при температурах от минус 30 до 110 °С в разнообразных узлах трения, в подшипниках качения и скольжения, в шарнирах, опорах и др.

**Смазка 1-13** (ОНа - Ка 2/11-3) по ТУ 38.5901257-90 – плотная мазь желтого цвета с мелкозернистой текстурой. Готовится загущением нефтяных масел низкой и средней вязкости натриевыми мылами жирных кислот, входящих в состав касторового масла, и кальциевым мылом. Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней. Низкотемпературные свойства несколько хуже, чем у солидола.

Применяется в подшипниках качения, реже – скольжения, подшипниках электродвигателей, ступицах колес устаревших автомобилей и других аналогичных узлах трения. Работоспособна от минус 20 до плюс 110 °С.

Заменитель: Литол-24.

**Консталин** (ОНа - 2/11-3) по ГОСТ 1957-73 – универсальная тугоплавкая смазка. По внешнему виду неотличима от смазки Л-13. По составу обе смазки практически одинаковы. Готовится загущением цилиндрического масла натриевыми мылами касторового масла. Кальциевое мыло отсутствует. Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней. Применяется в узлах трения вентиляторов, подшипниках качения. Температурный предел применения одинаков со смазкой 1-13. Заменитель: Литол-24.

**Смазка ВНИИ НП-242** (УЛи 3/11-д3) по ГОСТ 20421-75. По своим свойствам напоминает многоцелевые смазки. Однако она в 4 раза дороже многоцелевой смазки Литол-24 вследствие введения в нее дисульфида молибдена. Готовится загущением масел средней вязкости (И-40А, И-50А) литиевым мылом стеариновой кислоты и содержит дисульфид молибдена. Водостойка. Температурный рабочий диапазон несколько уже, чем у Литола-24, однако она вполне может заменять все Са - и На – смазки общего назначения. Смазка имеет низкую испаряемость и хорошие противоизносные свойства. Недостаток – невысокая механическая стабильность.

Применяется для подшипников судовых электрических машин горизонтального исполнения. Работоспособна при температуре от минус 40 до 100 °С, при влажности окружающей среды до 98 %.

Дублирующие марки: СВЭМ, Литол-24. Смазка не совместима с ЦИАТИМ-221.

**Смазка ЭШ-176** (УЛи-Цн-Св 3/11-г4) по ТУ 38.10196-76. Плотная мазь серого цвета, после непродолжительной работы чернеет. В отличие от других литиевых смазок она загущена смесью литиевого, цинкового и свинцового мыла синтетических жирных и нефтяных кислот, касторового масла и канифоли. Содержит также небольшое количество Al – мыла, графита и пентаэритрита. Столь сложный состав затрудняет ее массовое производство.

Имеет хорошие противоизносные и противозадирные свойства, низкую механическую стабильность, склонна к уплотнению. Работоспособна от минус 25 до 100 °С. Применяется в подшипниках электрических машин горизонтального и вертикального исполнения.

В настоящее время смазка ЭШ-176 заменяется на перспективные марки - СВЭМ (ВНИИ НП-288) и ВНИИ НП -242.

**Смазка АМ карданная** (УНа 2/10-2) по ГОСТ 5730-84. По составу и свойствам близка к смазке 1-13. Вымывается из узлов трения, механическая стабильность низкая. Применяется для смазывания шарниров карданов передних ведущих мостов автомобилей. Работоспособна от минус 10 до плюс 100 °С. Дублирующая марка: Литол-24.

**Смазка автомобильная** (ОНа — Ка 3/10-2) по ГОСТ 9432-60. Готовится загущением масла И-12 натриевым мылом и кальциевым мылом СЖК и С<sub>1</sub> - С<sub>4</sub>, содержит сульфат натрия. Почти нерастворима в воде, но при длительном пребывании во влажной среде эмульгируется, после деформирования – тиксотропное упрочнение.

Применяется в подшипниках ступиц колес червячного вала коробки передач и других узлах автомобилей. Работоспособна от минус 25 до 100 °С. Дублирующая марка: Литол-24.

### **Многоцелевые смазки.**

Многоцелевые смазки называют иногда многофункциональными, или универсальными. Их можно применять во всех основных узлах трения разнообразных механизмов. Эти смазки водостойки и работоспособны в широком интервале скоростей, температур и нагрузок. Однако не следует полагать, что многоцелевые смазки пригодны для замены антифрикционных смазок всех типов, в том числе таких специализированных смазок, как химически стойкие, морозостойкие или приборные. Но почти все смазки общего назначения, типа солидолов, предназначены для повышенных температур. Некоторые индустриальные, почти все автомобильные и многие другие могут быть заменены многоцелевыми. Этому способствует водо-

стойкость многоцелевых смазок (они нерастворимы даже в кипящей воде) и их хорошие консервационные свойства.

**Литол-24** (МЛи 4/12-3) по ГОСТ 21150-87. Готовят загущением нефтяного масла вязкостью 60...75 мм<sup>2</sup>/с при 50 °С литиевым мылом 12 – гидрооксистеариновой кислоты, содержит вязкостную и антиокислительную присадки. При изготовлении Литола-24 на маловязких маслах (смесь масел И-50А и веретенного АУ) в смазку вводят вязкостную присадку – полиизобутилен П-20.

Эта смазка водостойка. Отличается высокой механической стабильностью. Консервационные и противозадирные свойства вполне удовлетворительны. Коллоидная стабильность хорошая. Испаряемость и окисляемость низкие. Применяется для узлов трения всех типов: подшипников качения и скольжения, шарниров, зубчатых и иных передач, для смазывания направляющих ходовой части, подвески рулевого управления, трансмиссии, механизмов дополнительного оборудования и других силовых узлов автотракторной техники, траншекопателей, бульдозеров, подъемно-транспортного оборудования, транспортных, инженерных машин, наземного оборудования специальных комплексов, палубных и трюмных механизмов, опор башен и пусковых установок, насосов, заслонок, выдвигных и запорных устройств кораблей и подводных лодок, для стальных канатов различного назначения. Работоспособна от минус 40 до плюс 120 °С (кратковременно до 130 °С), в мощных механизмах – до минус 55 °С.

Дублирующие и резервные марки: Литол-24 (рк), Алюмол, Лита, МЗ, Солидолы (до 65 °С); ВНИИ НП-242, МС-70 (до 65 °С); ГОИ-54п (до 50 °С); ЦИАТИМ-201 (до 90 °С).

**Литол-24(рк)** (МЛи 4/13-3) по 38УССР201342-80 – рабоче-консервационная смазка рекомендуется для изделий, эксплуатирующихся с длительными перерывами и повышенной коррозионной агрессивностью окружающей среды. Обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет. Эта смазка с улучшенными консервационными свойствами. По всем основным характеристикам, назначению и области применения она идентична смазке Литол-24.

**Алюмол** по ТУ 38. 5901182-89 – готовят загущением нефтяного масла комплексным Al-мылом, содержит антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки. Водостойка, имеет хорошие адгезионные свойства. Применяется в подшипниках и других узлах трения машин и механизмов. Работоспособна от минус 40 до 150 °С. Дублирующие марки: Литол-24, Униол-1.

**СВЭМ** (ВНИИ НП-288) (НЛи 5/123-3) по ТУ 38101982 – готовят загущением смеси пентаэритритовых эфиров литиевым мылом 12 гидрооксистеариновой кислоты, содержит композицию антиокислительных присадок. Водостойка. Имеет низкую испаряемость. Применяется в первую очередь для использования в подшипниках узлов мощных электромашин типа АЧМ, ДЧМТ и аналогичных им,

где обеспечивает длительную работу без смены (до 15 тыс. часов), и для судовых электромашин всех типов.

Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 120 °С (кратковременно – до 150 °С).

Дублирующие марки: ВНИИ НП-242 (с горизонтальным положением вала до 270 тыс. мм/мин<sup>-1</sup>); ЦИАТИМ-221 (до 390 тыс. мм/мин<sup>-1</sup>); ВНИИ НП-207. Смазка несовместима с ЦИАТИМ-221.

### **Смазки термостойкие.**

Термостойкие смазки применяют в агрегатах и механизмах двигателей, подшипниках электромашин, подшипниках колес шасси, некоторых соединениях и герметичных выводах, тяг управления самолетом и двигателем, червячных и винтовых передачах, шлицевых соединениях, рабочие температуры которых превышают 150 °С.

При 150...250 °С работает лишь ограниченное число механизмов, поэтому термостойкие смазки вырабатывают в небольших количествах. Их изготовляют на дефицитных синтетических маслах и специальных загустителях.

**ЦИАТИМ-221** (ЖкСа 6/15 к-2) по ГОСТ 9433-80 – готовят загущением полисилоксановой жидкости комплексным Са - мылом, содержит антиокислительную присадку. Нерастворима в воде. Гигроскопична. Коллоидная стабильность удовлетворительная, испаряемость низкая. Имеет плохие противоизносные свойства.

Применяется для скоростных подшипников качения (при скоростном факторе до 390 тыс. мм/мин<sup>-1</sup>) электромашин различного назначения, узлов трения и сопряжения поверхностей «металл – резина». Допускается применять в среде с небольшими примесями агрессивных паров.

Не рекомендуется для средне- и тяжело нагруженных подшипников скольжения, направляющих, шестеренчатых и червячных передач, шарниров и т. д. Работоспособна при остаточном давлении 666,5Па (5 мм рт. ст.) и температуре от минус 60 до плюс 150 °С (кратковременно – до 180 °С). Несовместима с ВНИИ НП-242, Эра и СВЭМ.

Дублирующие марки: ВНИИ НП-207, ВНИИ НП-219, Литол-24 (до 240 тыс. мм / мин<sup>-1</sup>).

**ВНИИ НП-207** (ЖкКа 6/18к-у3) по ГОСТ 19774-74 – готовят загущением смеси кремнийорганической жидкости и синтетического углеводородного масла МАС-35 кальциевыми комплексными мылами СЖК С<sub>10</sub> - С<sub>16</sub>, содержит антиокислительную присадку. По составу и свойствам близка ЦИАТИМ-221. Водостойкая, гигроскопичная, термоокислительная стабильность – повышенная. Рекомендуется к применению в тех случаях, что и смазка ЦИАТИМ-221, но при повышенных температурах и для увеличения срока службы подшипников без смены смазки при высоких температурах. Работоспособна

при остаточном давлении 666,5Па (5 мм рт. ст.) и при температуре от минус 60 до плюс 200 °С.

Дублирующая марка: ЦИАТИМ-221 (до 150 °С).

**ВНИИ НП-231** (ЖСЖ 6/25к-1) по ТУ 38.1011220 – готовят за­гущением полисилоксановой жидкости сажей, представляет собой мягкую мазь черного цвета. По составу и свойствам занимает про­межуточное положение между пластичными смазками и неструкту­рированными полутекущими пастами.

Применяется для нагруженных червячных редукторов и ре­збовых передач, закрытых червячно-винтовых механизмов, тихоход­ных подшипников качения и скольжения.

Для предотвращения утечки необходима тщательная гермети­зация узлов трения. Работоспособна при температуре от минус 60 до плюс 250 °С (кратковременно до 300 °С). Дублирующие марки: ПФМС-4с (от минус 30 °С), ВНИИ НП-246.

**ВНИИ НП-219** по ТУ 38.101471-74 – близка по составу, свой­ствам и назначению к смазке ВНИИ НП-207. Отличается тем, что в ее состав введен дисульфид молибдена. Применяется для подшипни­ков качения электродвигателей и стартер-генераторов с повышенны­ми нагрузками и частотой вращения до 9000 мин<sup>-1</sup>. Допускается при­менять в шарико-винтовых передачах ЛА. Работоспособна при тем­пературе от минус 50 до 180 °С (кратковременно до 200 °С). Дубли­рующие марки: ЦИАТИМ-221 (до 150 °С), ВНИИ НП-207.

**ПФМС-4с** (ЖГ 3/30к) по ТУ 6.02.907-79 – готовят загущением полифенилметилсилоксановой жидкости ПФМС-4 тонко дисперс­ным искусственным графитом. Плотная мазеобразная черная паста. Занимает промежуточное положение между смазками и пастами. Имеет высокую термостойкость и низкую испаряемость. Применяют для тяжело­нагруженных тихоходных подшипников качения и сколь­жения, шарниров и подвесок, винтовых шариковых передач, резьбо­вых соединений, силовых приводов и арматуры ЛА, судовых меха­низмов и др. Работоспособна при температуре от минус 30 до плюс 300 °С, кратковременно (5 ч) - до 400 °С. Дублирующие марки: ВНИИ НП-225 (от минус 40 до 350 °С); ВНИИ НП-231 (от минус 60 до плюс 250 °С); ВНИИ НП-232.

### **Смазки морозостойкие.**

Морозостойкие смазки предназначены для механизмов, в ко­торых при низких температурах (до минус 60 °С) смазки обычного типа (солидолы, Литол-24 и др.) могут не обеспечивать нормальную работу. Морозостойкие смазки применяют в первую очередь в точ­ных, маломощных и ответственных механизмах, где недостаточно чрезмерное увеличение рабочих усилий при понижении температу­ры.

**ЦИАТИМ-201** (НЛи 6/9-1) по ГОСТ 6267-74 – готовят загу­щением маловязкого нефтяного масла стеаратом лития, содержит

антиокислительную присадку. Имеет удовлетворительную механическую стабильность, морозо- и водостойкая. Применяется в узлах трения, работающих с малым усилием сдвига при невысоких нагрузках: авиационная техника (механизмы управления, рулей высоты и поворота, элеронов-шарниров, соединения рычагов механизма подъема шасси, управления автопилотом), радиотехническое оборудование, электромеханические и другие приборы и точные механизмы, работающие на Крайнем Севере. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от минус 60 до 90 °С.

**ЦИАТИМ-203** (НЛи 5/10-1) по ГОСТ 8773-73 – готовят загущением нефтяного трансформаторного масла литиевым мылом технического саломаса и осерненного солидола, содержит вязкостную и противозадирную присадку. Превосходит ЦИАТИМ-201 по химической и коллоидной стабильности, водостойкости и противоизносным характеристикам. Область применения — зубчатые червячные передачи редукторов, опоры скольжения и подшипники качения; авиационные механизмы, различные силовые приводы, винтовые пары, нагруженные редукторы, ответственные механизмы, эксплуатируемые на открытых площадках, узлы трения автомобилей, работающих в арктических условиях. Работоспособна от минус 50 до плюс 100 °С. Является дублирующей маркой ЦИАТИМ-201.

В настоящее время ЦИАТИМ-201 и ЦИАТИМ-203 заменяются на перспективные: смазки Лита и Атланта (ВНИИ НП-254), дублирующие марки: Эра, Зимол.

**Зимол** (МЛи 5/13-т3) по ТУ 38 УССР 201285-82. Представляет собой многоцелевую морозостойкую смазку. По свойствам и назначению смазка близка к смазке Лита и МЗ. Готовят загущением средневязкого высокоиндексного низкотемпературного нефтяного масла (АСВ-5) литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты, содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку. Имеет высокую механическую, химическую стабильность, водостойкость, хорошие противоизносные и защитные свойства. Всесезонная смазка. Применяется в узлах трения любых транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особо холодным климатом. Работоспособна от минус 50 до плюс 130 °С (кратковременно до 150 °С). Дублирующие марки: Лита (до 100 °С), ЦИАТИМ-201 (до 90 °С).

**Лита** (НЛи - Т 5/10-2) по ТУ 38.1011808-90 – готовят загущением маловязкого нефтяного масла (АУ) стеаратом лития и церезином. Имеет высокую водостойкость, хорошие консервационные свойства, низкую механическую стабильность. Применяется в узлах трения машин и механизмов, эксплуатируемых под открытым небом, механизмов переносного инструмента с электрическим или механическим приводом. Обеспечивает работу подшипников качения и скольжения, нагруженных зубчатых передач (в т.ч. червячных),

направляющих и др. Работоспособна от минус 50 до 100 °С. Дублирующая марка: Зимол.

**ГОИ-54п** (НТ 4/5-3) по ГОСТ 3276-89 – готовится загущением маловязкого нефтяного масла церезином, содержит антиокислительную присадку. Обладает высокими защитными свойствами, по коллоидной и химической стабильности, водостойкости превосходит другие низкотемпературные смазки. Не изменяет свойств при хранении в течение 10 лет, защищает металлические изделия от коррозии до 5 лет. Применяется для малонагруженных узлов трения, консервации точных механизмов и приборов. Работоспособна от минус 40 до плюс 50 °С. Дублирующие марки: Лита, МЗ.

**МС-70** (Нба-Ал - Т 5/6-3) по ГОСТ 9762-76 – является основной морской морозостойкой смазкой, готовится загущением маловязкого масла МВП церезином, стеаратами бария и алюминия, содержит вязкостную присадку полиизобутилен. Имеет хорошие низкотемпературные свойства, высокую водостойкость и хорошие защитные свойства. Она предназначена для механизмов, непосредственно соприкасающихся с морской водой, в т.ч. и для забортного оборудования морских судов. Достаточно широко смазку применяют и в наземных машинах, где требуется сочетание морозостойкости и высокой защитной способности.

Работоспособна от минус 50 до плюс 50-60 °С. Дублирующая смазка: МЗ.

**МЗ** (НАЛ-Т 5/8-3) по ТУ 38.001263-76 – специализированная морозостойкая смазка, предназначенная для механизмов палубного оборудования морских судов (МЗ – морская защитная). Готовится загущением веретенного АУ алюминиевым мылом СЖК и церезином, содержит противокоррозионную и вязкостную присадки. По основным свойствам близка к смазке Лита, но превосходит ее по консервационным свойствам. Применяют в узлах трения механизмов, работающих в морской воде и морской атмосфере, взамен смазок МС-70 и ГОИ-54п. Работоспособна от минус 50 до плюс 80 °С. Дублирующие марки: МС-70, Лита, ГОИ-54п, Литол-24. Эта смазка несовместима с Литой.

**Смазка № 9** по ТУ 38.001116-84 – морозостойкая авиационная смазка. Готовится загущением маловязкого нефтяного масла (МВП) бариево-свинцовым мылом стеариновой кислоты. Морозостойкая, консервационные свойства и водостойкость удовлетворительные, антиокислительная и коллоидная стабильность низкие, смазка стойка к действию пороховых газов. Применяется для авиационного вооружения. Работоспособна от минус 60 до 80 °С. Смазка нестабильна при хранении. Дублирующая марка: Лита.

#### **Авиационные смазки.**

В последние годы появилось новое поколение авиационных смазок: «Эра» (ВНИИ НП-286М), «Атланта» (ВНИИ НП-254),

«Сапфир» (ВНИИ НП-261), ВНИИ НП-281. Эти смазки соответствуют современным, резко возросшим требованиям по термостойкости, противозадирным свойствам, долговечности и другим характеристикам. Они заменяют старые авиационные смазки ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-203, СТ, свинцоли и некоторые другие.

«Эра» (ВНИИ НП-286М) (УЛи 6/12 уо) по ТУ 38.101950-83 – готовится загущением нефтяного масла литиевым мылом стеариновой и 12- гидрооксистеариновой кислот, содержит антиокислительные присадки. Смазка обладает высокой механической и антиокислительной стабильностью, имеет хорошие защитные (антикоррозионные) свойства, противоизносные и противозадирные характеристики, не вызывает набухание резиновых изделий. Применяется в подшипниках качения и скольжения, зубчатых передачах систем управления самолетов. Работоспособна от минус 60 до плюс 120 °С. Дублирующая марка: ЦИАТИМ-201 (ограничено).

«Атланта» (ВНИИ НП-254) (ИЛи 6/15 уэ-см1) по ТУ 38.1011048-85 – готовится на смеси нефтяного и синтетического масел, содержит комплекс металлоплакирующих добавок. Отложение металла на поверхности трения уменьшает зазоры в подшипниках, что может отрицательно сказываться на их работе.

Смазка морозостойкая, обладает высокими противозадирными характеристиками, механической и коллоидной стабильностью, водостойкая.

Применяется в узлах трения, скольжения, работающих при высоких нагрузках, в игольчатых подшипниках и винтовых механизмах. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от минус 60 до плюс 150 °С. Дублирующие марки: Свинцоль-01 (ограничено). Несовместима с ЦИАТИМ-203 и «Эра».

«Сапфир» (ВНИИ НП-261) (УкКа-Пг 5/15 уэ-г1) по ТУ 38.1011051-87 – готовится на смеси синтетических масел, загущенных комплексным кальциевым мылом, содержит антиокислительную присадку и другие добавки. Смазка обладает высокой термостойкостью механической и антиокислительной стабильностью. Применяется в конических роликовых подшипниках ступиц колес шасси ЛА. Работоспособна от минус 40 до плюс 150 °С (кратковременно до 200 °С). Однако в силовых узлах работоспособна при минус 50 °С. Смазка «Сапфир» заменяет смазку СТ (НК-50), превосходя ее по морозостойкости и работоспособности. Дублирующая марка: «Атланта».

**ВНИИ НП-281** (НкНа 6/12 у1) по ТУ 38.101123-81 – узкоспециализированная морозостойкая смазка. По внешнему виду представляет собой слабозернистую, темно-коричневую, почти черную мазь со специфическим запахом горелого масла. Готовится загущением смеси синтетических углеводородных масел комплексным натриевым мылом, содержит адгезионную и противоизносную добавки. Имеет хорошие смазывающие и низкотемпературные свойства, низкую испаряемость, удовлетворительную водостойкость,

инертна к резине. Применяется в скоростных агрегатных слабонагруженных подшипниках некоторых самолетов. Выпускается в ограниченном количестве. Работоспособна от минус 60 до 120 °С.

**Свинцоль - 01** (ИЛи 6/9 – с1) по ТУ 38.101577-76 – представляет собой смазку ЦИАТИМ-201 с добавкой порошкообразного свинца (10 %). Смазка обладает повышенными противоизносными и противозадирными свойствами, нерастворима в воде, морозостойка, токсична. Наличие свинцового порошка способствует улучшению противозадирных свойств. В процессе работы на трущихся поверхностях отлагается тонкий слой свинца, предотвращающий их схватывание или заедание.

Смазка предназначена для тяжело нагруженных узлов трения (шарнирные соединения опор шасси и др.) некоторых самолетов и вертолетов. Работоспособна от минус 60 до плюс 90 °С. Дублирующая марка: «Атланта».

**Свинцоль-02** (УЛи 5/9-с 0) по ТУ 38.101578-76 – представляет собой смазку ЦИАТИМ-203 с добавкой порошкообразного свинца 10%. Сочетание в смазке соединений свинца и серы усиливает противозадирное действие каждого из них и смазки в целом. Смазка обладает высокими противозадирными свойствами, токсична. Применение аналогично Свинцоль-01. Работоспособна от минус 50 до плюс 90 °С.

**СТ** (НК-50) по ТУ 38.1011219-95 – представляет собой мазь темно-зеленого цвета, масло МС-20, загущенное натриевым мылом стеариновой и олеиновой кислот, содержит коллоидный графит. Имеет низкую водо- и морозостойкость. Применяется для смазки подшипников ступиц шасси самолетов. Работоспособна при температуре от минус 15 до плюс 120 °С. Дублирующая марка: «Сапфир».

#### **Химически стойкие пластичные смазки.**

Химическая промышленность и ракетостроение нуждаются в смазках, стойких к действию сильных окислителей (азотной, серной кислоты и др.) и других химически активных агентов (аминов, гидразинов, аммиака, пероксидов и т. д.). Смазки обычных типов при контакте с токсичными веществами разрушаются, сгорают. При контакте смазок на нефтяных маслах со сжатым или жидким кислородом, фтором, хлором, перекисью водорода возможен взрыв.

Химически стойкие пластичные смазки применяются для смазки и герметизации различных узлов, работающих в контакте с агрессивными жидкостями и парами, реже для защиты металлических поверхностей от агрессивных сред.

**ЦИАТИМ-205** (ХТ 6/5-5) по ГОСТ 8551-74 – плотный белый вазелин. Готовят загущением смеси высокоочищенных вязких масел белым церезином. Смазка достаточно стабильна при контакте с концентрированными неорганическими кислотами и их парами, а также со многими другими химически активными веществами (щелочами, спиртами, аминами и др.). Не рекомендуется для работы в контакте с

кислородом. Обладает высокой водостойкостью, хорошими защитными свойствами. Хорошо защищает от коррозии черные и цветные металлы в среде, насыщенной парами сильных окислителей, аминов, гидразинов и др. В этом отношении она существенно превосходит силикагелевые, фторуглеродные и перфторалкилполиэфирные смазки типа ВНИИ НП-279, № 8, ВНИИ НП-282. В то же время она хуже защищает от атмосферной коррозии, чем консервационные смазки типа ПВК. Стабильна при хранении.

**ЦИАТИМ-205** – самая массовая химически стойкая смазка. Применяется для узлов трения, контактных и резьбовых соединений и уплотнений трубопроводов и арматуры, работающих в агрессивных средах. Работоспособна при температуре от минус 60 (в подвижных соединениях от минус 20) до плюс 150 °С. Дублирующие марки: ВНИИ НП-279, ВНИИ НП-282, № 8.

**ВНИИ НП-279** (ХС<sub>и</sub> 5/5 у 1) по ГОСТ 14296-78 – представляет собой мягкую полупрозрачную мазь светло-коричневого цвета с гладкой текстурой. Готовят загущением синтетического углеводородного масла силикагелем, гидрофобизированными химически стабильными соединениями. Отличается хорошей стабильностью при работе в контакте с агрессивными веществами типа аминов. Контакт с сильными окислителями допустим только в течение короткого времени - не более нескольких минут. Длительный контакт с перекисью водорода не рекомендуется из-за ускорения разложения перекиси. Имеет хорошие противоизносные характеристики, обладает высокой механической, термической стабильностью. Морозостойкость удовлетворительная, имеет низкие защитные свойства. Водостойкость и коллоидная стабильность смазки вполне достаточные. Применяется для смазки разъемов, клапанов, подшипников качения и скольжения, резьбовых соединений, работающих в атмосферном воздухе и в агрессивных средах, узлов трения «металл-резина». Растворима в углеводородном горючем, но химически с ним не взаимодействует. Работоспособна в агрессивных средах при температуре от минус 50 до плюс 50 °С, на воздухе - до 150 °С. Нестойка к действию кислорода, кислот и их паров. Контакт с кислотами допускается не более 5 мин.

Дублирующие марки: ВНИИ НП-282, ЦИАТИМ-221, ЦИАТИМ-205.

**ВНИИ НП-282** (ХС<sub>и</sub> 5/15а 3) по ГОСТ 24926-81 – мягкая белая или светло-серая мазь гладкой текстуры. Готовят на основе перфторполиэфира, загущенного высокодисперсным диоксидом кремния (неорганическим загустителем). Обладает хорошими вязкостно-температурными свойствами, термической стабильностью, низкой испаряемостью. Водостойка, не растворяется в кислотах, спиртах, щелочах, углеводородах. Растворима только в низкомолекулярных фторуглеродных жидкостях. Чрезвычайно стойка в агрессивных средах (кислотах, аминах, гидразинах и др.), не рекомендуется длитель-

ный контакт с перекисью водорода, т. к. при этом ее разложение ускоряется. К ее достоинствам относятся высокие противозадирные свойства, сохраняющиеся при температурах до плюс 215...230 °С.

Применяется для смазки арматуры трубопроводов, резьбовых соединений и узлов трения при контакте с агрессивными средами, а также кислородо-дыхательной аппаратуры. Может быть рекомендована для подвижных резиновых уплотнений.

Работоспособна при температуре от минус 45 (в отдельных узлах от минус 60) до плюс 150 °С. Отличается исключительной химической инертностью. Совместима практически с любыми черными и цветными металлами, сплавами, полимерами и резинами.

Дублирующие марки: ВНИИ НП-279, ЦИАТИМ-205, № 8.

**Смазка № 8** (ХФу 4/5 жз) по ОСТ 95510-77 – относится к хлорфторуглеродным смазкам. По внешнему виду – это мягкая мазь белого (серого цвета). Готовится загущением галогеноводородов полимерами. Как и у всех фторуглеродных смазок, ее плотность примерно в 2 раза выше, чем у обычных пластичных смазок. Исключительная химическая стойкость позволяет применять ее при длительном контакте с неорганическими кислотами (дымящей азотной, серной, соляной, хлорной и др.), перекисью водорода, хлором, галогеноводородами, жидкой и газообразной плавиковой кислотой. По отношению к аммиаку и соединениям типа аминов смазка мало стабильна. Не рекомендуется длительный контакт смазки с деталями из меди и ее сплавов, а также применение этой смазки в условиях, способствующих развитию щелевой коррозии. Водостойка, не ядовита и биологически инертна. Применяется для смазки резьбовых соединений, подвижных сальниковых устройств, различных узлов трения, работающих при низкой температуре и контакте с неорганическими кислотами, кислородной аппаратуры при давлении до 10 МПа. Работоспособна при температуре от минус 40 до плюс 50 °С.

**Смазка фторуглеродная 3ф** по ТУ 6-02-796-78 – густая белая вазелинообразная мазь, иногда с желтоватым оттенком. Пришла на смену устаревшей смазки 10-ОКФ. Готовится загущением фторхлоруглеродного масла полимером, но в отличие от 10-ОКФ содержит в 2 раза меньше загустителя. Коллоидная стабильность и водостойкость удовлетворительные. Стойкость к действию агрессивных сред такая же, как у смазки № 8. Применяется для механизмов, работающих в контакте с концентрированными азотной, серной, соляной кислотами, хлором, бромом, пероксидом водорода, газообразным кислородом при давлении до 22 МПа. Допускается применять для герметизации уплотнений. После длительного хранения (более 8 лет) возможно некоторое снижение температуры каплепадения. Работоспособна при температуре от 0 до плюс 80 °С (кратковременно до плюс 90 °С). Дублирующие марки: № 8 (до плюс 50, кратковременно до плюс 70 °С), ЦИАТИМ-205 (до плюс 50 °С, для работы в контакте с кислородом непригодна), ВНИИ НП-282.

### **Приборные смазки.**

Они предназначены для приборов, счетно-решающих и точных механизмов.

**ОКБ - 122-7** (ПТ-Ли 6/12 кн-4) по ГОСТ 18179-72 – представляет собой мягкую гладкую мазь желтого или светло-коричневого цвета. Смазка готовится загущением смеси нефтяного масла и кремнеорганической жидкости смесью литиевого мыла и церезина. Водостойкость, защитные свойства, коллоидная и химическая стабильность вполне удовлетворительны. Испаряемость низкая. По морозостойкости уступает смазке ЦИАТИМ-201. Применяется для приборных узлов трения, подшипников качения и скольжения, цапф, шарниров, опор, трущихся поверхностей, зубчатых и червячных зацеплений, фрикционных механизмов, винтовых и реечных передач и т. д. Работоспособна при температуре от минус 40 до плюс 100 °С (в отдельных узлах трения – от минус 60 до плюс 120 °С). Дублирующие марки: ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-221, Лита, ГОИ-54п (оптические приборы).

**ВНИИ НП-274н** (ПЛи 8/13 к-2) по ГОСТ 19337-73 – высококачественная приборная смазка. Готовится загущением синтетического углеводородного масла литиевыми мылами стеариновой и 12 – оксистеариновой кислот, содержит композицию присадок и дисульфид молибдена. Имеет низкую испаряемость и высокую термическую и механическую стабильность. Смазка морозо- и кислородостойкая.

Применяется для малогабаритных подшипников качения и маломощных редукторов, микроэлектродвигателей и аналогичных механизмов ракетно-космической техники. Работоспособна при температуре от минус 80 до плюс 130 °С в глубоком вакууме до  $1,3 \cdot 10^{-5}$  Па ( $1 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст) при частоте вращения до 30000 мин<sup>-1</sup>. Допускается применять только по прямому назначению.

**ВНИИ НП-223** (П-кНа 4/15 у-1) по ГОСТ 12030-80 – представляет собой мягкую мазь коричневого цвета. Она имеет хорошие низкотемпературные свойства. Благодаря изготовлению на синтетическом масле, загущенном комплексным натриевым мылом, испаряемость ее невелика даже при 150 °С, содержит противоизносную и антиокислительную присадку. Применяется в специальных скоростных шарикоподшипниках с частотой вращения до 60000 мин<sup>-1</sup>, подшипниках скольжения и маломощных зубчатых передачах. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и температуре от минус 45 до плюс 150 °С.

**ВНИИ НП-228** Дублирующая марка: ВНИИ НП-228.

(П-кНа 4/15 ну-1) по ГОСТ 12330-77 – готовится загущением смеси нефтяного и синтетического масел комплексным натриевым мылом, содержит антиокислительную и противоизносную присадку. Лучшие смазывающие свойства и большая работоспособность, чем у ВНИИ НП-223 при верхней температуре применения. Применяется в

специальных скоростных шарикоподшипниках с частотой вращения до 60000 мин<sup>-1</sup>, чувствительных опорах точных механизмов и узлах трения счетно-решающих машин. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от минус 45 до плюс 150 °С. Дублирующая марка: ВНИИ НП-223.

**ВНИИ НП-260** (П-кНа 5/18-1) по ГОСТ 19832-74 – отличается от двух предыдущих гироскопических смазок, тем что ее готовят загущением высоковязкого высокоиндексного нефтяного масла (МС-20) комплексным натриевым мылом. Содержит противоизносную и антиокислительную присадку. Имеет высокую механическую и коллоидную стабильность. Применяется в скоростных шарикоподшипниках с частотой вращения до 60000 мин<sup>-1</sup>. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от минус 50 до 180 °С. Имеет большой срок службы.

## 8.5. Консервационные смазки

Консервационные смазки по объему производства занимают второе место после антифрикционных около 15 % от общего объема производства смазок. Основное назначение консервационных смазок состоит в предохранении металлических изделий, машин и оборудования от коррозионного воздействия внешней среды, т. е. от атмосферной коррозии. При хранении, транспортировании и эксплуатации металлические изделия под воздействием влаги, кислорода воздуха, лучистой энергии и других компонентов окружающей среды подвергаются коррозии и разрушаются. Разрушению подвергается не просто поверхность металла, в непригодность приходят высококачественные металлические изделия, стоимость которых порою в сотни и тысячи раз превосходит стоимость самого металла.

Основное направление улучшения защитной способности смазок, как и их смазывающей способности — подбор оптимального состава компонента и прежде всего добавок.

Дисперсионная среда. Присутствие ароматических углеводородов в оптимальных концентрациях в дисперсионных средах улучшает защитные свойства смазок в тонком слое, что позволяет считать целесообразным использование в производстве консервационных смазок высокоочищенных масел. Состав дисперсионной среды смазок влияет на смываемость и температуру сползания.

Независимо от типа загустителя смазки, приготовленные на экстрактах селективной очистки (продукты с наибольшим содержанием ароматических углеводородов), имеют в 2-3 раза меньшую смываемость водой и более высокие температуры сползания, чем смазки на высокоочищенных дисперсионных средах.

При жестких режимах эксплуатации машин и механизмов используют смазки на синтетических жидкостях и их смесях с нефтяными маслами. Как правило, такие смазки применяют в закрытых

подшипниках, работающих при высоких температурах и значительных контактных нагрузках. Для смесей синтетических компонентов (диэфиры) и нефтяного масла установлено, что они способны образовывать более прочные защитные адсорбционные пленки.

Состав дисперсионной среды влияет не только на защитные свойства смазок, но и на эффективность применяемых ингибиторов коррозии.

Загуститель. В качестве загустителя в консервационных смазках наибольшее распространение получили твердые углеводороды. Смазки практически нерастворимы в воде и мало проницаемы для ее паров, имеют высокую химическую стабильность. С повышением концентрации загустителя улучшается защитная способность смазок и одновременно увеличивается коррозионная агрессивность для мыльных смазок.

Во всех случаях концентрация загустителя снижает смываемость смазок водой и повышает температуру их сползания.

Низкими защитными свойствами обладают натриевые смазки, вызывающие химическую коррозию и хуже других предотвращающие электрохимическую коррозию. Наилучшими защитными свойствами обладают смазки на гидрофобных мылах - алюминиевые и кальциевые смазки.

В целом мыльные смазки в тонком слое (до 100 мкм) плохо защищают металл от коррозии, т. к. не образуют прочных хемосорбционных слоев, а адсорбционные пленки легко разрушаются электролитом. При нанесении смазок на металл слоем 500 мкм и более защитные свойства существенно улучшаются, но их также нельзя назвать удовлетворительными для длительной защиты металлов от коррозии, за исключением стеарата алюминия.

От природы дисперсной фазы зависит стабильность защитных свойств пластичных смазок во времени: уровень защитной способности мыльных смазок после их искусственного старения в тонком слое на металлических поверхностях снижается, а у углеводородных - повышается.

Природа загустителя оказывает существенное влияние на эффективность действия вводимых в состав смазок ингибиторов коррозии (ИК).

Эффективность ИК, выражаемая в снижении потери массы пластинки под слоем ингибированной смазки по сравнению с неингибированной при испытании в камере  $\text{SO}_2$ , зависит от их природы, но определяется в основном природой загустителя. В углеводородных смазках эффективность ИК минимальна (в основном  $10 \text{ г/м}^2$ ), в Si – смазках - максимальна ( $25 \text{ г/м}^2$ ), в Li – смазках занимает промежуточное положение ( $8 \dots 15 \text{ г/м}^2$ ).

Присадки. Вводимые в смазки ИК препятствуют протеканию электрохимических процессов на поверхности металла под воздействием внешней среды, а противокоррозионные присадки не допус-

кают химического воздействия коррозионно-агрессивных компонентов смазки на поверхность металла. Для защиты черных металлов от химической коррозии используют сульфиды и дисульфиды. Для защиты свинца от действия аминов или свободных органических кислот применяют фосфаты и диалкилдитиофосфаты, для защиты меди, медных сплавов - производные бензотриазола. Деактиваторы цветных металлов, защищающие металл от химической коррозии, в условиях электрохимических процессов могут усиливать коррозию металлов.

Консервационные смазки в соответствии с их особенностями целесообразно разбить на две группы: общего назначения и канатные.

### **Смазки общего назначения:**

**1. Пушечная (ПВК)** (ЗТ 5/5-5) по ГОССТ 19537-83 – основная консервационная смазка общего назначения. По внешнему виду густая липкая мазь коричневого цвета. Готовят ее сплавлением петролатума и церезина (при соотношении 12...20:1) с минеральным маслом при добавлении около 1 % ингибитора коррозии МНИ-7. Нерастворима в воде. Водостойкость высокая. Коллоидная стабильность, стойкость к окислению высокие. Испаряемость низкая. При температуре ниже 10 °С теряет подвижность. Удерживается на вертикальных и наклонных поверхностях до 50 °С. Применяется для противокоррозионной защиты изделий всех типов из черных и цветных металлов любой формы и размеров. В течение длительного времени (от 2-х до 10 и более лет), в зависимости от условий хранения и варианта упаковки защищает изделия от коррозии в условиях складского хранения и на открытых площадках под навесом и чехлами. Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 50 °С. Дублирующие марки: ГОИ-54п, Солидол С, ВТВ-1.

**2. АМС-1** (УАл 0/7-1) по ГОСТ 2712-75 – представляет собой однородную полутекучую мазь черного цвета с зеленоватым оттенком. Готовят загущением высоковязкого цилиндрического масла 52 алюминиевым мылом стеариновой кислоты. Она обладает хорошими защитными свойствами, стабильна при хранении. Применяется как консервационная и антифрикционная смазка в узлах трения, омываемых заборной водой (подшипники баллера руля, механизмы орудий, петли люков и т. д.). Может применяться взамен устаревших резьбовых смазок. Работоспособна от 0 °С до плюс 70 °С. Стандартом предусмотрен выпуск 2-х марок: АМС-1 и АМС-3.

**3. АМС-3** (УАл 0/7-3) – перспективная консервационная смазка, идущая на смену АМС-1. Внешний вид аналогичен АМС-1. Отличается повышенным содержанием загустителя. Обладает высокой липкостью и водостойкостью, имеет малую смываемость водой. Применяется для узлов трения при контакте с морской водой (подшипники баллера руля, механизмы орудий, петли люков и т. д.) как

антифрикционная, для механизмов кораблей, подводных лодок и гидросамолетов - как консервационная. Работоспособна при температуре от 0 до 75 °С. Дублирующие марки: Литол-24 (рк), Литол-24, МЗ, МС-70, пушечная.

**4. ВТВ-1** (вазелин технический волокнистый) по ТУ 38.101180-76 – по составу, свойствам и области применения смазка близка к пушечной. Представляет собой сплав церезина и парафина (2:1) с нефтяным маслом, включающий тот же, что и у пушечной смазки ингибитор коррозии и, кроме того, полиизобутилен, П-85 в качестве вязкостной и адгезионной присадки.

Смазка ВТВ-1 была создана для смазывания клемм аккумуляторов автомобилей ВАЗ. Благодаря присутствию в ВТВ-1 адгезионной присадки ее сцепление с металлом увеличивается, а изготовление на маловязком масле способствует лучшей морозостойкости по сравнению со смазкой пушечной.

Смазка имеет высокую водостойкость, адгезионные и консервационные свойства, но уступает пушечной по защитной способности и дороже ее примерно в 5 раз. Применяется для предотвращения окисления клемм аккумуляторов автомобилей, консервации металлических изделий и наружных поверхностей механизмов при транспортировании или длительном хранении. Работоспособна при температуре от минус 40 до плюс 45 °С. Дублирующая марка: пушечная.

#### **Смазки канатные.**

В подгруппу канатных смазок входят пластичные смазки, которые наряду с противокоррозионной защитой должны снижать трение между отдельными проволоками скрутки канатов. Канатная смазка должна удерживаться как внутри, так и на внешней поверхности каната. Для этого необходимо, чтобы она обладала высокой адгезией и оптимальной вязкостью. Наибольшей функциональной эффективностью обладают канатные смазки, получаемые сплавлением битума, петролатума, канифоли и некоторых других компонентов с вязкими нефтяными маслами.

Среди канатных смазок наибольшее распространение получили смазки: канатная 39 У и Торсиол-55.

**Канатная 39 У** по ТУ 38.УССР 201335-80. Широкое применение ее объясняется ее удовлетворительными эксплуатационными свойствами, низкой стоимостью и недефицитностью. Состав смазки несложен, что объясняет ее массовое производство.

По внешнему виду смазка 39 У представляет собой плотную липкую мазь черного цвета. Получается сплавлением нигрола, гудрона масляного, церезина, кубовых остатков СЖК и триэтанолamina.

Смазка обладает хорошей водостойкостью и адгезией к металлу, консервационные свойства хорошие. Применяется для смазки рудничных и буровых канатов, тросов, подъемно-транспортных машин. Работоспособна при температуре от минус 25 до плюс 50 °С.

**Торсиол-55** по ГОСТ 20458-89 – морозостойкая смазка. Готовят загущением смеси нефтяного масла и кремнийорганической жидкости твердыми углеводородами, содержит антикоррозионную присадку. Обладает высокой водостойкостью, адгезией к металлу, антифрикционными и консервационными свойствами. Применяется для смазки стальных неоцинкованных и оцинкованных канатов при их изготовлении, канатов, эксплуатирующихся при особо низких температурах, смазывания канатов при эксплуатации. Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 50 °С.

## **8.6. Уплотнительные смазки**

Смазки уплотнительные предназначены для надежной герметизации зазоров и щелей оборудования, уплотнения подвижных и неподвижных узлов трения машин и механизмов. Они нашли широкое применение в различных областях техники — в вакуумном оборудовании, в запорной арматуре, для смазки резьбовых соединений и т. п. Основной потребитель уплотнительных смазок - нефтяная и газовая промышленность. Здесь их применяют для обеспечения нормальной работы запорной арматуры — задвижек, пробковых кранов и др., а также для облегчения развинчивания и свинчивания труб при добыче нефти и газа.

Основное требование, которое предъявляют к уплотнительным смазкам - это длительная и надежная герметизация затвора арматуры в широком диапазоне температур при высоких давлениях и в контакте с разными средами.

Поведение уплотнительных смазок в эксплуатации определяется совокупностью различных свойств и в первую очередь структурно-механических, смазочных, защитных и адгезионных и свойств, обуславливающих устойчивость к рабочим средам (растворимость, химическая стабильность, проницаемость и др.).

Увеличение содержания загустителя в смазках значительно повышает предел прочности, улучшает герметичность затвора в области низких удельных давлений на контактных поверхностях. Однако подбором загустителя и дисперсионной среды заметного улучшения качества уплотнительных смазок, предназначенных для жестких условий эксплуатации оборудования, достичь не удастся. Выявлена решающая роль наполнителей в улучшении герметизирующей способности пластичных смазок. Наполнители препятствуют выдавливанию уплотнительных смазок из узких зазоров при высоких давлениях среды, увеличивают стойкость смазок к агрессивным средам, улучшают коллоидную стабильность при хранении и эксплуатации и повышают термическую стойкость, что позволяет применять уплотнительные смазки при более высоких температурах.

В качестве наполнителей в производстве уплотнительных смазок применяют разнообразные продукты: графит, слюду, дисуль-

фид молибдена и др. Концентрация их в смазках колеблется от 5 до 20 %. В резьбовые уплотнительные смазки вводят в основном порошки мягких металлов - меди, цинка, свинца, алюминия или их смеси - в высоких концентрациях (50 % и более).

Для уплотнительных смазок эффективно совместное использование наполнителей разной природы и происхождения. Введение дисульфида молибдена со слюдой, которая обладает наилучшими герметизирующими свойствами среди других наполнителей, существенно улучшает противозносные и противозадирные свойства смазок.

Особенно часто смеси наполнителей применяют в уплотнительных резьбовых смазках. Металлические порошки в резьбовых смазках выполняют роль герметизирующего и антифрикционного (облегчающего демонтаж труб материала. Герметизирующую способность смазок значительно повышают порошки свинца и цинка, а смазывающую способность улучшает смесь графита и медной пудры.

Таким образом, действие наполнителей в уплотнительных смазках весьма многообразно: повышается герметизирующая способность смазки, т. к. частицы наполнителя за счет спрессовывания образуют уплотнения, заклинивающие микрозазоры и выравнивающие микрошероховатости сопряженных поверхностей. Важным преимуществом наполненных смазок является их способность самоуплотняться после пропуска среды, что связано с увеличением частиц наполнителя средой и уплотнением ими места пропуска. Природа наполнителя, его поверхностные свойства, такие как смачиваемость маслом, взаимодействие с мыльными волокнами и т. д., а также размеры частиц играют существенную роль в способности наполнителя спрессовываться под действием давления.

Регулировать и улучшать эксплуатационные свойства уплотнительных смазок можно введением в наполненные смазки поверхностно-активных присадок. Присадки уменьшают коэффициент трения и при этом улучшаются, как правило, и низкотемпературные свойства смазок.

Совместное введение в смазки наполнителей и присадок позволяет получать смазки с хорошими герметизирующими свойствами, высокой смазочной и защитной способностью, стабильностью к окислению и повышенной стабильностью свойств во времени. Оптимальное сочетание присадок и наполнителей расширяет диапазон применения уплотнительных смазок, обеспечивая постоянство герметизирующей способности и крутящего момента при длительной эксплуатации запорной арматуры в жестких условиях эксплуатации.

Многие уплотнительные смазки содержат также различные высокомолекулярные полимеры, используемые в качестве добавок, а иногда и в роли основных загустителей. Полиизобутилен и его сополимеры рекомендуют вводить (в количестве 3...5 %) для повышения

адгезионных свойств и коллоидной стабильности, а также с целью придания уплотнительным смазкам устойчивость к агрессивным средам. Полимеры (в количестве 15...20 %) вводят, как правило, в вакуумные уплотнительные смазки.

**Бензоупорная** (Ацн 1/4 п-7) по ГОСТ 7171-78 – представляет собой плотную вязкую мазь темно-коричневого цвета. Ее готовят добавлением к окисленному касторовому маслу некоторого количества глицерина, полученную смесь загущают цинковым мылом касторового масла. Такой состав обеспечивает малую растворимость смазки в бензине, бензоле и других органических растворителях, а также в воде. В то же время высокая вязкость масляной основы и большая концентрация загустителя препятствует применению ее при температурах ниже 10 °С.

Смазка практически нерастворима в органических растворителях и воде и применяется для герметизации пробковых кранов и резьбовых соединений топливных и масляных систем авиационных двигателей. Работоспособна при температуре от минус 10 до плюс 40 °С.

**Замазка 33к-3У** (ААл-Т 4/5-7) по ГОСТ 19538-74 – плотная темно-коричневая паста. Ее готовят загущением высоковязкого нефтяного масла А1 мылом СЖК, петролатумом и синтетическим каучуком. Температура плавления - 115 °С. Это позволяет использовать ее для герметизации машин во всех климатических зонах. Высокая вязкость замаски препятствует нанесению ее на швы и неплотности на холоде. Для облегчения промазывания зазоров и неплотностей замаску подогревают. Хорошая пластичность предотвращает образование трещин при охлаждении замаски до самых низких температур.

Применяется для герметизации щелей в люках, крышках, дверях и других неплотностей боевых и транспортных машин при их длительном хранении, а также при преодолении водных рубежей. Работоспособна при температуре от минус 40 до плюс 50 °С.

## 8.7. Эксплуатационные свойства пластичных смазок

**Упругопластичные свойства.** Они характеризуют консистенцию (густоту), вязкостные характеристики и прочность структурного каркаса смазки. Упругопластичные свойства влияют на затраты энергии в узлах трения и на способность пластичных смазок удерживаться на смазанных поверхностях под действием центробежных сил.

Упругопластичные свойства смазок оцениваются такими показателями качества, как предел прочности, пенетрация, вязкость динамическая.

Смазки, имеющие невысокий предел прочности, сбрасываются с движущихся деталей, стекают с наклонных и вертикальных поверхностей, плохо удерживаются в негерметизированных узлах тре-

ния. Однако чрезмерно большая величина предела прочности антифрикционных смазок также нежелательна. Такие смазки трудно прокачивать, т. к. началу их движения предшествует преодоление значительного сопротивления разрушению каркаса смазки, они хуже поступают в узкие зазоры узлов трения. Последнее может привести к отсутствию или недостаточности смазки в зоне трения, в то время как в механизме ее достаточно.

Возможность сброса смазок при низких прочностных характеристиках определяет нижние границы предела прочности. Предел прочности смазок определяется прежде всего размером и концентрацией частиц дисперсной фазы, а также их природой.

Природа дисперсионной среды влияет на предел прочности различно в зависимости от используемого загустителя. Так, литиевые и натриевые смазки имеют большой предел прочности при снижении полярности масла. Предел прочности у Са-смазок, изготовленных на дистиллятных нефтяных маслах, значительно выше, чем у таких же смазок на остаточных маслах. У некоторых, например, Si-смазок, повышение полярности масляной основы ведет к увеличению предела прочности.

Вязкость дисперсионной среды обычно слабо влияет на прочностные свойства смазок. Значительное влияние на прочностные характеристики смазок оказывает способ изготовления. Вязкость антифрикционных смазок, как и предел прочности, имеет большое эксплуатационное значение. Она определяет возможность подачи смазок в узлы трения. Вязкость пластичных смазок влияет на пусковые характеристики механизмов и на потери мощности в узлах трения. Большая величина вязкости смазок может препятствовать пуску малоомощных механизмов.

Вязкостные характеристики смазок определяются свойствами жидкой фазы и загустителя. На маловязких маслах могут быть получены смазки, обеспечивающие работоспособность машин и механизмов до весьма низких температур. Загустители с высокой загущающей способностью позволяют получить достаточно вязкие смазки при малой концентрации дисперсной фазы.

Смазки, имеющие невысокий предел прочности сбрасываются с движущихся деталей, стекают с наклонных и вертикальных поверхностей, плохо удерживаются в негерметизированных узлах трения. Однако чрезмерно большая величина предела прочности антифрикционных смазок также нежелательна. Такие смазки трудно прокачивать, т. к. началу их движения предшествует преодоление.

**Коллоидная стабильность** – это способность структурного каркаса смазки удерживать масло, сопротивляться его выделению при хранении и эксплуатации. Смазки, обладающие достаточной коллоидной стабильностью, не расслаиваются в условиях нагрузок и температур, возникающих в условиях эксплуатации и при хранении.

Коллоидная стабильность смазок зависит от свойств и концентрации загустителя, а также от свойств жидкой фазы. Она повышается при возрастании загущающей способности дисперсной фазы, а также при увеличении концентрации загустителя.

Высокой коллоидной стабильностью отличаются углеводородные смазки. Смазки, загущенные мылами, менее стабильны, т. к. структурный каркас их не так плотен, а кристаллическая решетка менее маслостойкая, чем кристаллическая решетка углеводородов. К тому же мыльные смазки больше подвержены процессам старения, в результате которых снижается коллоидная стабильность. Повышение коллоидной стабильности смазок достигается введением дополнительных загустителей, модифицирующих структуру смазок. Увеличение вязкости дисперсионной среды также повышает коллоидную стабильность смазок. Исключения составляют комплексные Смазки. При увеличении вязкости дисперсионной среды коллоидная стабильность этих смазок остается постоянной. Коллоидную стабильность оценивают на специальном приборе КСА. Однако смазки с очень высокой коллоидной стабильностью (сухие) также нежелательны. В условиях трения они не выделяют масла, способного к проникновению в такие зазоры между деталями, куда смазка сама попасть не может.

**Механическая стабильность** – характеризует устойчивость структурного каркаса смазки под действием механических нагрузок. Способность смазки к самовосстановлению структурного каркаса после снятия механических нагрузок характеризует ее тиксотропные свойства.

Тиксотропные превращения антифрикционных смазок имеют эксплуатационное значение. Особенно важны они для подшипников скольжения, где большая часть смазок вовлекается в процесс деформирования.

Тиксотропные свойства смазок определяются главным образом свойствами и концентрацией загустителя.

Многие мыльные смазки имеют схожие тиксотропные свойства. Так, смазки, загущенные стеаратом Ca, Na или Li, по способности сохранять свои свойства при механическом перемешивании практически одинаковы. Индекс разрушения их при испытании в тиксометре близок к 90%. У смазок на комплексных мылах вязкость и предел прочности, измеренные сразу после окончания деформирования, не изменяются.

Малой склонностью к тиксотропным изменениям обладают смазки на неорганических загустителях. Факторами изменения структуры и свойств смазок являются температура, продолжительность и интенсивность деформации.

**Химическая стабильность** – это стойкость смазок к окислению их кислородом воздуха в условиях эксплуатации. Она влияет на

продолжительность работы смазок в узлах трения, оценивается кислотным числом и стабильностью против окисления.

Химически стабильными считаются такие смазки, у которых в течение всего времени хранения, исчисляемого обычно годами, а также за весь срок применения в узлах трения протекающие химические процессы не вызывают снижения эксплуатационных свойств ниже допустимого уровня. При окислении в смазках накапливаются вредные продукты окисления, кислотность смазок возрастает. Повышение кислотности смазок может привести к коррозии металлов. Окислившись смазки иногда разжижаются вследствие разрушения структурного каркаса, и у них уменьшается предел прочности. Однако чаще при окислении происходит уплотнение смазок, в результате чего у некоторых мыльных смазок вязкость и предел прочности возрастают в два-три раза.

Химическая стабильность смазок определяется свойствами их составных частей. В значительной степени на химическую стабильность смазок влияет противоокислительная стойкость масел. При окислении смазок химические процессы связаны с окислением дисперсионной среды. При этом накапливаются органические кислоты, эфиры, низкомолекулярные спирты, кетоны и др. соединения. Поэтому для получения смазок необходимо в качестве дисперсионной среды использовать химически стабильные масла.

Загустители химическому изменению обычно подвергаются меньше, чем дисперсионная среда. Основное назначение загустителей в процессах химических превращений смазок связано с их каталитическим действием. Мыла и некоторые другие загустители являются катализаторами, ускоряющими процесс окисления. Поэтому химическая стабильность смазок обычно ниже, чем у исходных масел. Стабильность смазок возрастает в ряду Li - Na - Ca - Mg - Ba - K - Al – смазки. Некоторые загустители, например цинковые мыла, проявляют свойства ингибиторов и тормозят окислительные процессы.

Углеводородные смазки по химической стабильности примерно равноценны минеральным маслам. Очень высокой химической стабильностью отличаются фторуглеродные и хлорфторуглеродные смазки.

Для улучшения стабильности смазок в их состав вводят антиокислители (дифениламин, п-оксиdifениламин,  $\alpha$  - нафтол и др.).

**Термическая стабильность** – характеризует работоспособность смазок в условиях повышенных температур, устойчивость смазок против разжижения и стекания со смазанных поверхностей (в том числе и из узлов трения) из-за разрушения структурного каркаса под действием температуры. Термическую стабильность косвенно характеризует температура каплепадения смазки.

**Противоизносные свойства** смазок проявляются в их способности предупреждать все виды изнашивания, предотвращать за-

едание трущихся деталей. Особенно большое значение противоизносные свойства пластичных смазок имеют в узлах с тяжелыми условиями трения в механических передачах, подшипниках скольжения и т. д. Велика роль противоизносных свойств смазок в тяжело нагруженных подшипниках качения и в ряде других узлов.

Обычно смазки обладают лучшими противоизносными свойствами по сравнению с маслами, на которых они изготовлены. В ряде смазок содержатся специальные добавки, повышающие противоизносную способность пластичных смазок. Все смазки являются коллоидными системами и обеспечивают надежность гидродинамической смазки.

Высокие противоизносные свойства большинства мыльных смазок обеспечивают их применение в различных тяжело нагруженных узлах трения. Способность предотвращать заедание у Ca, Na и Li-смазок примерно одинакова. В лучшую сторону выделяются Li-смазки.

Дисперсионная среда в значительной степени влияет на противоизносные свойства смазок. Использование более тяжелых масел для получения смазок во всех случаях способствует улучшению их противоизносных свойств. Поэтому смазки для тяжело нагруженных узлов трения получают на остаточных маслах. Приборные смазки с хорошими противоизносными свойствами готовят на касторовом, костном или другом масле животных и растительных жиров. Однако чаще эти и синтетические сложнотермостойкие масла используют в смеси с нефтяными маслами. Недостаточным уровнем противоизносных свойств даже для нетяжелых условий трения обладают смазки на силиконовых жидкостях и неорганических загустителях. Поэтому они обычно в своем составе содержат противоизносные присадки.

Для особо тяжелых режимов трения, когда контактные нагрузки достигают 5 МПа, используют смазки с антифрикционными добавками типа дисульфида молибдена или графита. Для улучшения противоизносных свойств помимо твердых добавок вводят противоизносные присадки.

**Водостойкость** смазок проявляется в нескольких направлениях. Она складывается из растворимости смазок в воде, их способности не смываться водой с поверхности металлов и не вымываться из узлов трения, гигроскопичности и изменения свойств под действием попавшей в них влаги.

Высокая способность противостоять растворению водой и не смываться ею с металлов желательна для всех смазок. Растворимость смазок водой определяется главным образом природой загустителя. Абсолютное большинство загустителей водой не растворяются. Исключение составляют некоторые мыла. В порядке уменьшения растворимости в воде мыла различных металлов располагаются в следующей последовательности:

К - Na - Li - Mg - Ca - Hg - Pb - Al

Значение гигроскопичности не однозначно. Хотя в большинстве случаев вода ухудшает эксплуатационные свойства смазок (ухудшаются низкотемпературные характеристики вязкостно-температурных свойств, изменяется предел прочности, коллоидная стабильность и т. д.), но в то же время, адсорбируя влагу, смазки препятствуют непосредственному контакту воды с поверхностью металла.

Способность смазок не смываться с металлов и не вымываться из узлов трения зависит не только от их растворимости в воде, но и от других свойств, прежде всего, упруго-пластичных и адгезионных. Оказывают влияние также свойства дисперсионной среды, присутствие некоторых добавок и даже текстура смазок. Смазки с низким пределом прочности, низкими величинами вязкостных характеристик смываются легче. Увеличение адгезионной способности смазок значительно затрудняет их смывание. Положительное влияние оказывает увеличение вязкости дисперсионной среды, наличие некоторых добавок (например, слюды). Грубозернистые и грубоволокнистые смазки смываются легче, чем смазки с гладкой структурой.

Для улучшения водостойкости в состав пластичных смазок добавляют амины и полисилоксаны. Показатели качества, оцениваемые при производстве и хранении пластичных смазок представлены в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Показатели качества, оцениваемые при производстве  
и хранении пластичных смазок

Показатели	Характеризуемое свойство или явление	Метод оценки
1	2	3
Температура каплепадения	Плавление, состав (тип загустителя), идентичность различных партий	ГОСТ 6793
Температура сползания	Верхняя температурная граница удерживания на гладкой вертикальной поверхности	ГОСТ 6037
Предел прочности	Удерживание в негерметизированных узлах трения, сопротивление сбросу с движущихся деталей	ГОСТ 7143 метод Б
Вязкость	Потери мощности на трение при эксплуатации, трудоемкость заправки в узлы трения	ГОСТ 7163

Продолжение таблицы 8.7

Показатели	Характеризуемое свойство или явление	Метод оценки
1	2	3
Испаряемость	Стабильность состава при эксплуатации и хранении, косвенно - изменение низкотемпературных характеристик	ГОСТ 9566
Пенетрация	Подвижность (густота)	ГОСТ 5346
Коллоидная стабильность	Выделение масляной основы при эксплуатации и хранении, косвенно – режим трения	ГОСТ 7142
Механическая стабильность	Поступление в узел и удержание в нем (косвенно)	ГОСТ 192589
Стабильность против окисления	Накопление при эксплуатации и хранении соединений, ухудшающих эксплуатационные характеристики	ГОСТ 5734
Смазывающие свойства	Уменьшение трения и износа поверхности (повышение работоспособности узлов трения)	ГОСТ 9490
Защитные свойства	Противокоррозионная защита смазываемых металлических поверхностей от климатических и атмосферных воздействий	ГОСТ 9.054
Совместимость с конструкционным и материалами: коррозионная агрессивность	Способность вызывать коррозионное поражение металлических деталей (проявляется в основном при повышенных температурах)	ГОСТ 9.080
Воздействие на резину	Способность вызывать набухание или усыхание (изменение объемных и прочностных характеристик) резинотехнических деталей	ГОСТ 9030 ГОСТ 263
Содержание примесей: воды свободных щелочей и кислот механических примесей	Наличие нежелательных примесей, ускоряющих выход узла трения из строя; соответствие свежеприготовленных партий заданной технологии	ГОСТ 2477 ГОСТ 6707 ГОСТ 6479

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Назовите область применения смазок.
2. Охарактеризуйте преимущества и недостатки смазок по сравнению с маслами.
3. Назовите требования к антифрикционным смазкам.
4. Охарактеризуйте требования к качеству консервационных и уплотнительных смазок.
5. Из чего состоят смазки?
6. Назовите классификацию смазок по типу загустителя и по назначению.
7. Назовите смазки общего назначения для обычных температур. Укажите их состав, свойства и применение.
8. Назовите эксплуатационные свойства пластичных смазок.
9. Назовите показатели качества, оцениваемые при производстве и хранении пластичных смазок.

## ГЛАВА 9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Для обеспечения работы систем и механизмов на технике применяются весьма разнообразные технические жидкости. К техническим жидкостям относятся нефтяные или синтетические жидкости для использования в качестве рабочего тела, хладагента, растворителя. В зависимости от предназначения технические жидкости подразделяются на гидравлические, амортизаторные, тормозные, охлаждающие, антиобледенительные и другие. По условиям работы в системах и требованиям к качеству гидравлические, амортизаторные, тормозные жидкости могут быть сведены в группу жидкостей для гидравлических систем.

### 9.1. Гидравлические масла

#### Условия применения и требования к качеству.

Гидравлические масла (рабочие жидкости для гидравлических систем) разделяют на нефтяные, синтетические и водно-гликолевые. По назначению их делят в соответствии с областью применения:

- для летательных аппаратов, наземной, речной и морской техники;
- для гидротормозных и амортизаторных устройств различных машин;
- для гидроприводов, гидропередаточных и циркуляционных масляных систем различных агрегатов, машин и механизмов, составляющих оборудование промышленных предприятий.

В данной главе рассмотрены рабочие жидкости для гидросистем различного назначения техники, обозначенные ГОСТ 17479.3-85 как гидравлические масла, а также наиболее распространенные гидротормозные и амортизаторные жидкости на нефтяной и синтетической основе.

Основные функции рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем — передача механической энергии от ее источника к месту использования с изменением значения или направления приложения силы.

Работа гидравлических систем основана на передаче энергии через рабочую жидкость, находящуюся в замкнутом объеме. При передаче усилия на исполнительные механизмы, вследствие практической несжимаемости жидкости, усилие равномерно и мгновенно передается по всем направлениям. Гидравлический привод не может действовать без жидкой рабочей среды, являющейся необходимым конструктивным элементом любой гидравлической системы.

В постоянном совершенствовании конструкций гидроприводов отличаются следующие тенденции:

повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей;

уменьшение общей массы привода или увеличение отношения передаваемой мощности к массе, что обуславливает более интенсивную эксплуатацию рабочей жидкости;

уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа (выходной и приемной полостей гидросистемы), что ужесточает требования к чистоте рабочей жидкости (или ее фильтруемости при наличии фильтров в гидросистемах).

С целью удовлетворения требований, продиктованных указанными тенденциями развития гидроприводов, современные рабочие жидкости (гидравлические масла) должны обладать определенными характеристиками:

- иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные свойства в широком диапазоне температур, т.е. высокий индекс вязкости;
- отличаться высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью, обеспечивающими длительную беспрерывную работу жидкости в гидросистеме;
- защищать детали гидропривода от коррозии;
- обладать хорошей фильтруемостью;
- иметь необходимые деэмульгирующие и антипенные свойства;
- предохранять детали гидросистемы от износа;
- быть совместимыми с материалами гидросистемы.

К некоторым маслам предъявляются специфические требования. Так, масла, загущенные полимерными присадками, должны обладать высокой стойкостью к механической и термической деструкции; для масел, эксплуатируемых в гидросистемах речной и морской техники, особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемость. Наиболее высокие требования, в особенности в отношении вязкостно-температурных свойств, термоокислительной и физической стабильности, пожароопасности, предъявляются к жидкостям для гидравлических систем самолетов.

К гидравлическим жидкостям для наземной техники одними из основных предъявляются требования по низкотемпературным свойствам и способности противостоять механической деструкции. Специфические требования предъявляются к жидкостям, применяемым в гидросистемах кораблей и особенно подводных лодок, в отношении их пожароопасности, токсичности и способности защищать металлы от коррозии при попадании в гидросистему морской воды.

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

Принятая в мире классификация минеральных гидравлических масел основана на их вязкости и наличии присадок, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационных свойств.

В соответствии с ГОСТ 17479.3-85 “Масла гидравлические. Классификация и обозначение” обозначение отечественных гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозна-

чается буквами “МГ” — минеральное гидравлическое, вторая - цифрами и характеризует класс кинематической вязкости, третья — буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

По ГОСТ 17479.3-85 (аналогично международному стандарту ISO 3448) гидравлические масла по значению вязкости при 40 °С делятся на 10 классов (табл. 9.1).

Таблица 9.1  
Классы вязкости гидравлических масел

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

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие:

- маловязкие – классы вязкости с 5 по 15
- средневязкие – классы вязкости с 22 по 32
- вязкие – классы вязкости с 46 по 150.

В зависимости от эксплуатационных свойств и состава (наличие соответствующих функциональных присадок) гидравлические масла делятся на группы А, Б, В.

Группа А (группа НН по ISO) – нефтяные масла без присадок, применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренчатыми или поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме до 80 °С.

Группа Б (группа НЛ по ISO) – масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 80 °С.

Группа В (группа НМ по ISO) – хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 90 °С.

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

В таблицу 9.2 кроме чисто гидравлических масел включены масла марок “А”, “Р”, МГТ, отнесенные к категории трансмиссионных масел для гидромеханических передач.

Однако благодаря высокому индексу вязкости, хорошим низкотемпературным и эксплуатационным свойствам и из-за отсутствия гидравлических масел такого уровня вязкости они также используются в гидрообъемных передачах и гидросистемах навесного оборудования наземной техники.

Таблица 9.2  
Обозначение товарных гидравлических масел

Обозначение масла по ГОСТ 174793-85	Товарная марка	Обозначение масла по ГОСТ 174793-85	Товарная марка
МГ-5-Б	МГЕ-4А, ЛЗ-	МГ-22-В	“Р”
МГ-7-Б	МГ-2	МГ-32-А	“ЭШ”
МГ-10-Б	МГ-7-Б, РМ	МГ-32-В	“А”, МГТ
МГ-10-В	МГ-10-Б,	МГ-46-В	МГЕ - 46-В
МГ-15 Б	РМЦ	МГ-68-В	МГ-8А (М8-А)
МГ-15-В	АЖ-12т	МГ-100-Б	ГЖД - 14с
МГ-22-А	АМГ-10		
МГ-22-Б	МГЕ-10А, ВМГЗ АУ АУП		

### Гидравлические жидкости для авиационной техники

Масло **АМГ-10** (МГ-15-Б(а)) (ГОСТ 6794-75) — для гидравлических систем авиационной техники. Свободное пространство над маслом в гидроагрегатах, работающих с ударной нагрузкой (гидроаккумуляторы, амортизаторы шасси и т. д.), должно быть заполнено азотом. Работоспособна при температуре от минус 60 до плюс 125<sup>0</sup>С. В закрытых системах с азотной подушкой кратковременно до 150<sup>0</sup>С. В качестве уплотнительных и шланговых материалов применяют маслостойкие уплотнительные резины из нитрильных каучуков.

Вырабатывается на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей фракции, получаемой из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей и состоящей из нафтеновых и изопарафиновых углеводородов. Содержит загущающую и антиокислительную присадки, а также специальный отличительный краситель. Цвет — красный. Не ядовито. Срок хранения в средней климатической зоне — 10 лет.

Рабочая жидкость **7-50С-3** (ГОСТ 20734-75) — синтетическая жидкость для гидравлических агрегатов и теплонапряженных гидравлических систем летательных аппаратов. Работоспособна при температуре от минус 60 до плюс 175<sup>0</sup>С, кратковременно — до 200<sup>0</sup>С (в контакте только с азотом), рабочее давление до 21 МПа.

Требует специальных марок резин для уплотнительных деталей и проверки на совместимость с конструкционными материалами.

Жидкость изготавливают из смеси полисилоксановой жидкости и органического эфира с добавлением противоизносной присадки и ингибиторов окисления.

Дублирующая марка: АМГ – 10 (до 150 °С).

Срок хранения – 5 лет.

Характеристика гидравлических жидкостей АМГ-10 и 7-50С-3 приведена в табл. 9.3.

Таблица 9.3  
Характеристика гидравлических жидкостей для авиационной техники

Показатели	АМГ-10	7-50С-3
1	2	3
Внешний вид	Прозрачная жидкость	
Цвет	Красный	Желтый
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре :		
50 °С, не менее	10,0	-
20 °С, не менее	-	22
50 °С, не более	1250	-
60 °С, не более	-	4200
Температура, °С,		
вспышки в откр. тигле, не ниже	93	200
застывания, не выше	-70	-70
Кислотное число, мгКОН/г, не более	0,03	0,1
Массовая доля, %:		
механических примесей, не более	0,003	0,002
воды	Отс.	Отс.
ВКЩ	Отс.	Отс.
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	850	930-940

#### Жидкости для гидравлических систем наземной техники

Масло МГЕ - 10А (МГ-15-В) (ОСТ 3801281-82) – для гидравлических систем корабельной и подвижной наземной техники. Обладает хорошими антиокислительными, низкотемпературными и защитными от коррозии свойствами. Работоспособна при температуре от минус 60 до плюс 90 °С. Кратковременно в закрытых системах до 100 °С (до нескольких часов), до 125 °С (5... 10 мин).

Вырабатывается на основе глубокодесароматизированной низкозастывающей фракции, получаемой из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей. Содержит загущающую, антиокисли-

тельную, антикоррозийную и противоизносную присадки. Прозрачная жидкость светло-коричневого цвета.

Дублирующие марки: ВМГЗ (до 50 °С, кратковременно – до 60 °С); АУ или АУП (от минус 25 °С).

Несовместима с ВМГЗ (при повышенных температурах).

Срок хранения в средней климатической зоне - 13 лет.

Масло гидравлическое **МГЕ - 4А** (МГ-5-Б) (ОСТ 3801281-82) – для приборов и быстродействующих систем автоматического управления. Рекомендуется в качестве рабочих жидкостей для гидравлических устройств военной техники. Обладает повышенными антикоррозионными и защитными свойствами. Работоспособна при температуре от минус 60 до плюс 90 °С.

Вырабатывается на основе глубокоочищенной легкой фракции, получаемой гидрокрекингом из смеси парафинистых нефтей, загущенной вязкостной присадкой. Содержит ингибиторы окисления и коррозии. Обладает исключительно хорошими низкотемпературными свойствами. Применяют с уплотнительными материалами из маслобензостойких резин. Срок хранения – 10 лет.

Масло **ЛЗ-МГ-2** (МГ-5-Б) (ТУ 38.101328-81) – предназначено для гидравлических систем, требующих быстрого пуска при низких температурах (как и МГЕ-4А). Благодаря отличным низкотемпературным характеристикам, обеспечивает быстрый запуск техники и работу при температурах до - 60... - 65 °С.

Получают вторичной перегонкой очищенной керосиновой фракции из нефтей нефтонового основания. Однородная прозрачная жидкость от бесцветной до соломенно-желтой. Является резервной маркой масла МГЕ - 4А. Срок хранения – 8,5 лет.

Масло гидравлическое **ВМГЗ** (МГ-15-В) (ТУ 38.101479-86) – во многих случаях может быть использовано взамен МГЕ-10А в условиях температур от минус 40 до плюс 50 °С.

Маловязкая низкозастывающая минеральная основа, вырабатываемая посредством гидрокаталитического процесса, загущенная полиметакрилатной присадкой. Содержит присадки: противоизносную, антиокислительную, антипенную. Для ВМГЗ, вырабатываемого с присадкой ПМА-“В-2”, установлен индекс “С” – северное. Для северных регионов рекомендуется как всесезонное, а для средней климатической зоны - как зимнее масло. Нетоксично. Резервными марками ВМГЗ являются индустриальные масла И-12А и И-20А.

В гидравлических системах в качестве рабочей жидкости применяют также масла веретенные АУ, АУП, жидкости ПОЖ-70 и Стеол-М.

Масло веретенное **АУ** (МГ-22-А) (ТУ 38.1011232-83) – получают из малосернистых и сернистых нефтей с использованием процессов глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизации. Содержит антиокислительную присадку. Масло обеспе-

чивает работу гидроприводов в диапазоне температур от минус 30...35 до плюс 90...100<sup>0</sup>С.

Масло гидравлическое АУП (МГ-22-Б) (ТУ 38.1011258-89) – получают добавлением в веретенное масло АУ антиокислительной и антикоррозионной присадок. Предназначено для гидрообъемных передач наземной и морской специальной техники.

Благодаря наличию антикоррозионной присадки масло надежно предохраняет от коррозии (в том числе во влажной среде) черные и цветные металлы. Работоспособно при температуре окружающей среды от минус 40 до плюс 80<sup>0</sup>С. Прозрачная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета.

Резервными марками АУ и АУП являются индустриальные масла И-12А и И-20А. Срок хранения –10 лет.

Характеристика жидкостей для наземной техники представлена в табл.9.4., для гидрообъемных передач в табл. 9.5.

Таблица 9.4  
Характеристика жидкостей для наземной техники

Показатели	МГЕ-10А	МГЕ-4А	ЛЗ-МГ-2	ВМГЗ
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при 50 <sup>0</sup> С, не менее	10,0	3,6	4,0	10,0
- 50 <sup>0</sup> С, не более	1500	300	210	-
- 40 <sup>0</sup> С, не более	-	-	-	1500
Температура, <sup>0</sup> С:				
вспышки в откр. тигле, не ниже	96	94	92	135
застывания, не выше	-70	-70	-70	-60
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4-0,7	0,4-0,7	0,03	0,05
Содержание ВКЩ, %	-	-	Отс.	-
Содержание мех. примесей, %	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Содержание воды, %	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Стабильность против окисления, показатели после окисления:				
массовая доля осадка, % не более	Отс.	Отс.	0,04	0,05
кислотное число (изменение кислотного числа), мг КОН/г, не более	0,15	0,15	0,2	-
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	-	840	865

Таблица 9.5

Характеристика гидравлических жидкостей АУ и АУП  
для гидрообъемных передач

Показатели	АУ из нефтей		АУП
	малосерн.	сернист.	
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с: при 40 °С, не менее	16-22	16-22	16-22
- 40 °С, не более	14000	13000	-
Кислотное число, мгКОН/г, не более	0,07	0,05	0,45-1
Температура, °С: вспышки в откр. тигле, не менее	165	165	145
застывания, не выше	-45	-45	-45
	Отс.	Отс.	Отс.
Содержание ВКЩ, %	0,3	1,0	-
массовая доля серы, %, не более	890	890	-
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>			

#### Гидравлические жидкости для морской техники

Гидравлическая жидкость **ГЖД-14с** (МГ-100-Б) (ТУ 38.101252-78) – смесь глубокоочищенных остаточного и дистиллятного компонентов из сернистых нефтей. Для улучшения эксплуатационных свойств в масло вводят антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки.

Применяется для надводных кораблей в основных гидравлических системах винтов регулируемого шага. Рекомендуется также для смазывания ступиц этих винтов. Хорошо защищает от коррозии детали гидравлической системы даже при попадании в нее воды. Дублирующие резервные марки: ТП-46, ТМ-3-9.

Гидравлическая жидкость **ПГВ** (ГОСТ 25821-83) – для гидравлических систем морской техники (подводных лодок). Представляет собой смесь полиэтиленгликоля, глицерина и воды с добавлением антикоррозионной, антифрикционной, антипенной присадок. Нетоксична, пожаробезопасна, огнестойка, взрывобезопасна. Работоспособна в течение длительного времени при температуре от минус 30 до плюс 80 °С. Резервные марки: МГ-22-А, МГ-22-Б (АУ и АУП). Несовместима с ними. Срок хранения - 8 лет.

Характеристика гидравлических жидкостей ГЖД-14с и ПГВ представлена в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Характеристика гидравлических жидкостей  
для морской техники

Показатели	ГЖД-14с	ПГВ
Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета	Однородная жидкость желтого цвета с опалесценцией, исчезающей в смеси растворителей
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при 100 °С, не менее	13 82-91	12-14 44-51
50 °С	190	-
20 °С	-	8,2-8,9
Температуры вспышки в откр. тигле, °С, не ниже	0,02	0,005
Величина рН при 25 °С	Следы - 22 -	32,0-33,5 - 50 1,151-1,154
Массовая доля: мех. примесей, %, не более воды		
Температура застывания, °С, не выше		
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>		

Гидравлическая жидкость **“Полюс”** – применяется для гидравлических систем надводного (палубного) оборудования судов и других объектов морской техники, кроме подводных лодок. Работоспособна при температуре от минус 40 до плюс 80 °С.

Пожароопасна. Несовместима с МГ-15-В. Дублирующая резервная марка – ПГВ, МГ-15-В (МГЕ-10-А). Срок хранения – 5 лет.

В качестве рабочих жидкостей для гидравлических систем кораблей применяется большое количество минеральных масел и их смесей. Широкое распространение получили масла АУ и АУП, а также индустриальные И-20А, И-30А, И-40А и др.

В процессе гарантийного срока эксплуатации жидкости ПГВ допускается изменение норм по следующим показателям:

плотность при 20 °С, г/см<sup>3</sup> – 1,149...1,158;

кинематическая вязкость, мм<sup>2</sup>/с: при 20 °С – 41...61;  
50 °С – 12...16;

Массовая доля, %: механических примесей, %, не более - 0,03  
воды – 34,5...30,0

## 9.2. Амортизаторные жидкости

Амортизаторы, установленные на автомобилях, предназначены для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески, они делают ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью. Амортизаторные жидкости являются рабочей средой в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типа, а также в телескопических стойках.

Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. Так, при температуре минус 20 °С вязкость не должна превышать 800 мм<sup>2</sup>/с. При более высокой вязкости работа амортизатора резко ухудшается и происходит блокировка подвески.

Амортизаторные жидкости должны обладать хорошими смазывающими свойствами, обеспечивая достаточную износостойкость амортизаторов, не должны быть склонны к пенообразованию, т. к. это снижает энергоемкость амортизаторов и нарушает условия смазывания пар трения.

Также важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с резиновыми уплотнениями.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкую нефтяную основу, содержащую, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки.

Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей:

АЖ - 12Т, АЖ-170, АЖ-16,169 - 36, МГП - 12, ГРЖ - 12.

Амортизаторная жидкость **АЖ-12Т** (МГ-10-В) (ГОСТ 23008-78) – смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками.

Применяется для телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторов транспортных и специальных машин на колесном ходу, в гидросистемах гидрокранов и т. п.

Обладает хорошей термоокислительной и механической стабильностью в условиях повышенных температур и давлений (малые сечения проходных отверстий, большие скорости истечения и перепада давлений). Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 140 °С. Прозрачная жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета. В качестве дублирующих марок применяются МГ-22А (АУ) или МГ-22В (АУП) от минус 25 до плюс 100 °С. Срок хранения – 8 лет.

Амортизаторная жидкость **АЖ-170** — перспективная амортизаторная жидкость. Представляет собой смесь хорошо очищенных нефтяных масел с этилполисилоксановой жидкостью (до 95 %). Применяют в гидравлических амортизаторах и др. агрегатах, работающих в интервале температур от минус 60 до плюс 130 °С.

Амортизаторная жидкость **АЖ-16** — представляет собой смесь веретенного АУ, АУП и основы масла АМГ-10 (1:1) с добавлением вязкостной, противоизносной и антикоррозионной присадок.

Амортизаторная жидкость **169-36** — предназначена для тяжело нагруженных амортизаторов. Она представляет собой полидисперсную смесь олигоорганосилоксанов, обладает улучшенными термоокислительными и противозадирными свойствами, требует при применении совместимых с ней резин. Диапазон применения жидкости от минус 50 до плюс 50 °С. Работоспособна до плюс 250 °С (кратковременно до плюс 300 °С).

Амортизаторная жидкость **МГП-12** (“Славол - АЖ”) (ТУ 38.301-29-40-97) — разработана взамен жидкости МГП-10. Это мало вязкая низкозастывающая нефтяная основа, в которую введены депрессорная, диспергирующая, противоизносная, антиокислительная и антипенная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в телескопических стойках и амортизаторах грузовых и легковых автомобилей.

Амортизаторная жидкость **ГРЖ-12** (ТУ 0253-048-05767-924-96) — смесь очищенных трансформаторного и веретенного дистиллятов с добавлением депрессорной, противоизносной, антиокислительной и антипенной присадок. Применяют в амортизаторах и телескопических стойках автомобильной техники.

В гидравлических амортизаторах автомобилей иногда применяют нефтяные дистиллянтные масла (веретенное АУ, гидравлическое АУП) и смеси масел турбинного и трансформаторного (1:1). Однако эти масла и маслосмеси обладают неудовлетворительными вязкостно-температурными свойствами в области отрицательных температур и недостаточной термоокислительной стабильностью.

В гидравлических лопастных амортизаторах гусеничных машин в качестве амортизаторных жидкостей часто применяют загущенные трансмиссионные масла ТСп-10, смеси ТСЗп-8 с М-16Б<sub>2</sub> (МТ-16П) или М-16В<sub>2</sub> (М-16ИХП-3) и т. д.

В качестве амортизаторных жидкостей находят ограниченное применение также **спиртоглицериновая смесь 90/10** (90 % глицерина и 10 % спирта) в амортизаторах гусеничных машин и **спиртоводоглицериновая жидкость АМ-70/10** (70 % глицерина, 20 % этилового спирта, 10 % воды) - в амортизаторных стойках самолета АН-14. Характеристика амортизаторных жидкостей представлена в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Характеристика амортизаторных жидкостей

Показатели	АЖ-12Т	АЖ-170	МГП-12 («Славол-АЖ»)	ГРЖ-12
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с:	-	-	-	16-20
при 40 °С, не менее	12,0	170-	12,0	-
50 °С, не менее	3,6	180	3,8	3,9
100 °С, не менее	-	-	800	800
- 20 °С, не более	6500	-	-	-
- 40 °С, не более	-	-	-	-
Температура, °С:	165	-	140	140
вспышки в закр. тигле, не ниже	-52	245	-50	-50
застывания, не выше	Отс.	-60	-	-
Стабильность против окисления:	-	-	-	-
осадок после окисления, %	0,04 (0,1)	0,05	-	-
кислотное число до (после) окисления, мгКОН/г, не более	Отс. Выдерж.	Отс. Выдерж.	Отс. Выдерж.	Отс. Выдерж.
Содержание, %, механических примесей и воды	-	980-1020	917	917
Испытание на коррозию	-	-	-	-
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	-	-	-	-

### 9.3. Тормозные жидкости

Основное назначение тормозной жидкости — передача энергии от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10МПа, а температура тормозной жидкости в дисковых тормозах поднимается до 150...190 °С. В результате постоянных колебаний температуры в тормозную систему через резиновые уплотнения проникает атмо-

сферная влага. При этом тормозная жидкость увлажняется, и, соответственно, снижается ее температура кипения.

Если в процессе эксплуатации температура кипения тормозной жидкости становится ниже 150 °С, то при высоких скоростных движениях и интенсивных торможениях создается опасность ее “закипания”. При этом в жидкости выделяются пузырьки газа и пара, образуя паровые пробки, что может привести к отказу тормозов и возможности аварии.

Температура кипения тормозной жидкости - важнейший показатель, определяющий предельно допустимую температуру гидроприводов тормозов.

При эксплуатации, вследствие обводнения, температура кипения тормозной жидкости неизбежно снижается, поэтому наряду с температурой кипения “сухой” тормозной жидкости определяют температуру кипения “увлажненной” жидкости, содержащей 3,5 % воды.

Температура кипения “увлажненной” жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет “закипать” через 1,5...2 года ее работы в гидропроводе тормозов автомобиля.

В последние годы основным направлением в улучшении качества тормозных жидкостей являлось увеличение температуры кипения, особенно в “увлажненном” состоянии. Это следует из данных, приведенных в таблице 9.8.

Таблица 9.8  
Температуры кипения тормозных жидкостей

Марка жидкости	Температура кипения “сухой” жидкости, °С	Температура кипения “увлажненной” жидкости, °С
“Нева”	195	138
“Томь” (ДОТ-3)	220	155
“Роса” (ДОТ-4)	260	165

Тормозные жидкости должны обладать хорошими вязкостно-температурными характеристиками, антикоррозионными, смазывающими свойствами, достаточной совместимостью с резиновыми уплотнениями, стабильностью при высоких и низких температурах.

Современные тормозные жидкости представляют собой смеси различных эфиров с низкомолекулярными полимерами с добавлением антикоррозионных и антиокислительных присадок.

Тормозная жидкость **ГТЖ - 22М** (ТУ 6-01-787-73) — представляет собой смесь диэтиленгликоля, этилкарбита, этилцеллозольва, эфира ЛЗ-ЭК с добавлением антикоррозионных, защитных присадок и красителя. Является одной из основных марок тормозной жидкости гидроприводов тормозов и сцеплений автомобилей. Обла-

дает хорошими противоизносными и антикоррозионными свойствами. Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 100 °С. Работоспособна с уплотнительными деталями из немаслостойкой резины марки 7-2462. Ядовита. Цвет желто-зеленый. Дублирующие марки: “Нева”, “Томь”, “Роса”. Срок хранения - 15 лет.

Тормозная жидкость **“Нева”** (ТУ - 01-116) — композиция на основе этилкарбита, содержит загущающую и антикоррозионную присадки. Работоспособна при температуре окружающего воздуха - 40 ...+ 45 °С.

Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей (выпуска до 1985 г). Срок службы - не более одного года. Дублирующие марки: ГТЖ-22М, “Томь”, “Роса”. Срок хранения — 12 лет.

Тормозная жидкость **“Томь”** (ТУ 6-01-1276-82) – разработана взамен жидкости “Нева”. Композиция на основе этилкарбита и борсодержащего полиэфира, содержит загущающую и антикоррозионную присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем “Нева”, более высокую температуру кипения. Совместима с “Невой” при смешивании в любых соотношениях.

Предназначена для гидравлической системы привода тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей, за исключением переднеприводных автомобилей ВАЗ.

Работоспособна при температуре от минус 50 до плюс 100 °С (окружающий воздух от минус 40 до плюс 45 °С). Срок службы – 2 года. Дублирующие марки: ГТЖ - 22М, “Нева”, “Роса”. Срок хранения – 3 года.

Тормозные жидкости **“Роса ДОТ-4”**, **“Роса-3”** и **“Роса”** (ТУ 2451-004-10488057-94) – высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе борсодержащего полиэфира, содержат антиокислительные и антикоррозионные присадки.

Жидкости “Роса - 3” и “Роса” отличаются от жидкости “Роса ДОТ-4” наличием в составе различных пластификаторов, однако из-за отсутствия сырья эти марки практически не выпускаются. Жидкости имеют высокие значения температуры кипения (260 °С) и температуры кипения “увлажненной” жидкости. (165 °С). Работоспособны в диапазоне температур окружающего воздуха от минус 40 до плюс 45 °С. Применяются в тормозных системах современных грузовых и легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ. Совместимы с тормозными жидкостями “Томь” и “Нева” в любых соотношениях. Срок службы – 3 года.

Тормозная жидкость **БСК** (ТУ-6-101533-75) – смесь равных частей касторового масла и бутанола (бутилового спирта). За счет органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Работоспособна при температуре окружающего воздуха от минус 20 до плюс 30 °С. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением

автомобилей ВАЗ. Срок хранения в средней климатической зоне – 2,5 года.

Для автомобилей, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой кинематическая вязкость при температуре минус 55 °С должна быть не менее 1500 мм<sup>2</sup>/с. Такая жидкость в России не вырабатывается, поэтому практикуется разбавление жидкостей «Нева» и «Томь» 18...20 % (масс. доля) этилового спирта. Такая смесь работоспособна до минус 60 °С, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом - вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации такую смесь следует заменить.

«Нева» и «Томь» являются жидкостями, соответствующими международной классификации ДОТ - 3, которые имеют температуру кипения более 205 °С, а аналогичные жидкости «Роса» – жидкости ДОТ - 4 с температурой кипения более 230 °С. В табл. 9.9 представлена характеристика тормозных жидкостей ГТЖ-22М, «Нева», «Томь», «Роса», «Роса-3», «Роса ДОТ-4», БСК.

Таблица 9.9

Характеристика тормозных жидкостей

Показатели	ГТЖ-22М	«Нева»	«Томь»	«Роса» «Роса-3» «Роса ДОТ-4»	БСК
1	2	3	4	5	6
Внешний вид	Желто-зеленая жидкость	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета без осадка			Прозрачная, однородная, оранжево-красного цвета жидкость
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре:					
50 °С, не менее	5,0	5,0	5,0	5,0	9,0
100 °С, не менее	1,8	2,0	2,0	2,0	-
- 40 °С, не более	1800	1500	1500	1450	2500

Продолжение таблицы 9.9

Показатели	ГТЖ-22М	“Нева”	“Томь”	“Роса” “Роса-3” “Роса ДОТ-4”	БСК
1	2	3	4	5	6
Низкотемпературные свойства:					
внешний вид после выдержки (6 ч, - 50°С)	Прозрачная жидкость без расслоения и осадка				
Время прохождения пузырька воздуха через слой жидкости при опрокидывании сосуда, с, не более	35	35	35	8	-
Температура кипения, °С, не ниже	190	195	220	260	115
Температура кипения “увлажненной” жидкости, °С, не менее	140	138	155	165	110
Содержание: механических примесей, %	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
pH	7,0-10,5	7,0-11,5	7,0-11,5	7,5-9,00	Более 6
взаимодействие с металлами: изменение массы пластинок, мг/см <sup>2</sup> , не более:					
белая жечь	-	0,1	0,1	0,1	0,2
сталь 10	-	0,1	0,1	0,1	0,2
алюминиевый сплав Д-16	-	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун СЧ 18	-	0,1	0,08	0,1	0,2
латунь Л62		0,4	0,1	0,2	0,4
медь М1	-	0,4	0,2	0,2	0,4

Показатели	ГТЖ-22М	“Нева”	“Томь”	“Роса” “Роса-3” “Роса ДОТ-4”	БСК
1	2	3	4	5	6
Воздействие на резину, %:					
изменение объема резины марки 7-2462 при 70 <sup>0</sup> С	0-3	2-10	2-10	2-10	5-10
марки 51-1524 при 120 <sup>0</sup> С	2-8	2-8	2-10	2-10	-
изменение предела прочности резины марки 51-1524, %, не более	-	20	18	25	-
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	1,1-1,11	1,014-1,015	-	-	0,878

*Примечание.* Жидкости “Нева”, “Томь”, “Роса” и ее модификации совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо.

#### **9.4. Эксплуатационные свойства жидкостей для гидравлических систем**

Физико-химические и эксплуатационные свойства современных гидравлических жидкостей значительно улучшаются при введении в них функциональных присадок - антиокислительных, антикоррозионных, противоизносных, антипенных и др.

К основным эксплуатационным свойствам жидкостей для гидравлических систем относятся механические и противоизносные свойства, стабильность, конструкционная совместимость, токсичность и пожароопасность.

Механические свойства жидкостей для гидросистем в основном характеризуются их вязкостью и вязкостно-температурными свойствами.

**Вязкостные и низкотемпературные свойства.** Они определяют температурный диапазон эксплуатации гидросистем и оказывают решающее влияние на выходные характеристики гидропривода. При выборе вязкости гидравлического масла важно знать тип насоса. Изготовители насоса, как правило, рекомендуют для него пределы

вязкости: максимальный, минимальный и оптимальный. Максимальная — это наибольшая вязкость, при которой насос в состоянии прокачивать масло. Она зависит от мощности насоса, диаметра и протяженности трубопровода. Минимальная — это та вязкость, при которой гидросистема работает достаточно надежно. Если вязкость уменьшается ниже допустимой, растут объемные потери (утечки) в насосах и клапанах, соответственно падает мощность и ухудшаются условия смазки. Пониженная вязкость гидравлического масла вызывает наиболее интенсивное проявление усталостных видов изнашивания контактирующих деталей гидросистемы. Повышенная вязкость значительно увеличивает механические потери привода, затрудняет относительное перемещение деталей насоса и клапанов, делает невозможной работу гидросистемы в условиях пониженных температур.

Вязкостно-температурные свойства характеризуются индексом вязкости. Для улучшения вязкостно-температурных свойств применяют вязкостные (загущающие) присадки — полимерные соединения. В составе товарных гидравлических масел в качестве загущающих присадок используют полиметакрилаты, полиизобутилены и продукты полимеризации винил – бутилового эфира (винипол).

**Противоизносные свойства.** Высокое давление в гидроприводах приводит к созданию больших нагрузок на трущиеся детали насосов, рабочих цилиндров, уплотнителей гидросистемы. Это обуславливает повышенные требования к противоизносным свойствам жидкости. Неудовлетворительные противоизносные свойства так же как и низкая вязкость жидкости, способствуют повышенному износу трущихся деталей, особенно прецизионных пар (например, золотников автопилота), а также истиранию резиновых манжет и других уплотнителей.

К гидравлическим маслам предъявляются достаточно жесткие требования по нейтральности их по отношению к длительно контактирующим с ними материалам.

Учитывая, что рабочие температуры масла в современных гидросистемах достаточно высоки и резиновые уплотнения могут быстро разрушаться, в гидравлических маслах недопустимо высокое содержание ароматических углеводородов, проявляющих наибольшую агрессивность по отношению к резине. Содержание ароматических углеводородов характеризуется показателем “анилиновая точка” базового масла.

Лучшими противоизносными свойствами обладают жидкости спиртокасторовые и на нефтяной основе. Спиртоглицериновые смеси по противоизносным свойствам значительно уступают предыдущим.

Хорошими противоизносными свойствами обладают галоидопроизводные углеводородов и фосфоорганические эфиры, неудовлетворительными - жидкости на основе гликолей и кремнийорганические.

Наибольшее распространение в качестве присадок, обеспечивающих достаточный уровень противоизносных свойств гидравлических масел получили диалкилдитиофосфаты металлов (в основном цинка) или беззолные (аминные) соли и сложные эфиры дитиофосфорной кислоты.

**Антиокислительная и химическая стабильность.** Они характеризуют стойкость масла к окислению в процессе эксплуатации под воздействием температуры, усиленного барботажа масла с воздухом при работе насоса. Окисление масла приводит к изменению вязкости (как правило, к повышению) и к накоплению в нем продуктов окисления, образующих осадки и шлаковые отложения на поверхностях деталей гидросистемы, что затрудняет ее работу.

Повышение антиокислительных свойств гидравлических масел достигается путем введения антиокислительных присадок, обычно фенольного и аминного типов (параоксидифениламин, ионол).

В гидросистемах машин и механизмов присутствуют детали из разных металлов: разных марок стали, АС, бронзы, которые могут подвергаться коррозионно-химическому изнашиванию.

Коррозия металлов может быть электрохимической, возникающей обычно в присутствии воды, и химической, протекающей под воздействием химически агрессивных сред (кислых соединений, образующихся в процессе окисления масла) и под действием химически-активных продуктов расщепления присадок при повышенных контактных температурах поверхностей трения. Устранению коррозии металлов способствуют вводимые в масло присадки - ингибиторы окисления, препятствующие образованию кислых соединений и специальные антикоррозионные добавки. Спиртоглицериновые жидкости обладают лучшей антиокислительной стабильностью, чем спиртокасторовые, и не уступают нефтяным.

Критериями оценки стабильности жидкостей различного состава служат изменения ее вязкости, кислотного числа и количество осадка.

**Термоокислительная стабильность.** Высокой устойчивостью к окислению и термической стабильностью обладают полисилоксановые жидкости, что открывает перспективу использования их в качестве высокотемпературных жидкостей для гидравлических систем сверхзвуковых самолетов. Жидкости на нефтяной основе устойчивы к окислению при нагревании до 120 °С. При более высоких температурах происходит окисление и образование осадка и коррозионно-активных продуктов. Жидкости на касторовой основе уступают нефтяным.

**Коррозионная совместимость** жидкостей зависит от их химического состава и внешних условий, важнейшим из которых является температура.

Коррозионная активность нефтяных жидкостей заметно проявляется только при повышенных температурах. Наиболее активны

по отношению к меди и свинцу спиртокасторовые смеси. Спиртоглицериновые жидкости также обладают повышенной коррозионной активностью. Жидкости на базе этиленгликоля без присадок вызывают коррозию чугуновых и стальных деталей.

Жидкости на базе фторуглеродов способны взаимодействовать с неокисленной поверхностью металлов. При длительном контакте они корродируют медь и ее сплавы, особенно в присутствии влаги. Органические эфиры фосфорной кислоты при обычных условиях химически инертны к металлам. Однако при термическом распаде или гидролизе они образуют замещенные фосфорные кислоты, которые корродируют металлы, особенно медь. Полисилоксановые жидкости практически не вызывают коррозии металлов.

Воздействие жидкостей на неметаллические материалы зависит от состава жидкости, конструктивных и эксплуатационных факторов. Фосфоорганические эфиры, входящие в состав некоторых жидкостей, отличаются большой растворяющей способностью по отношению ко многим материалам, из которых изготавливаются детали гидросистем, например к резиновым уплотнениям, набивочным материалам, пластикам и т. д.

Наибольшее набухание немаслостойкой резины вызывает смесь касторового масла и бутилового спирта (БСК). Спиртоглицериновые смеси и жидкости на основе гликолей и полисилоксанов слабо взаимодействуют с резиной.

**Токсичность и пожароопасность.** Из всех жидкостей, применяемых в гидросистемах, наибольшей токсичностью обладают ГТМ-22М, “Нева”, “Томь”, ПОЖ-70, синтетические, БСК. Отравление ими происходит при попадании внутрь организма. Наиболее опасными в противопожарном отношении являются жидкости на нефтяной и спиртокасторовой основе.

**Пенообразование.** При работе циркулирующих гидравлических масел недопустимо пенообразование. Оно нарушает подачу масла к узлу трения, интенсифицирует его окисление, ухудшает отвод тепла от рабочих поверхностей, вызывает кавитационные повреждения деталей, перегрев гидропривода и его повышенный износ. Для обеспечения хороших антипенных свойств масла преимущественное значение имеет полнота удаления из базового масла поверхностно-активных смолистых веществ. Чтобы предотвратить образование пены или ускорить ее разрушение, в масло вводят антипенную присадку (например, полиметилсилоксан), которая снижает поверхностное натяжение на границе раздела жидкости и воздуха, что приводит к ускоренному разрушению пузырьков пены.

**Механические примеси и вода.** Вследствие весьма малых зазоров рабочих пар гидросистем наличие загрязнений может привести не только к износу элементов гидросистемы, но и к заклиниванию деталей.

Даже незначительное количество (0,05...0,1 %) воды отрицательно влияет на работу гидросистем. Вода, попадая в гидросистему с маслом или в процессе эксплуатации ускоряет процесс окисления масла, вызывает разрушение присадок, а продукты гидролиза присадок вызывают электрохимическую коррозию металлов гидросистем. Вода способствует образованию шлама неорганического и органического происхождения, который забивает фильтр и зазоры оборудования, тем самым нарушая работу гидросистемы.

## 9.5. Охлаждающие жидкости

**Условия применения и требования к качеству.** Часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива в двигателе, идет на нагрев камер сгорания и цилиндров двигателя. При очень высоких температурах стенок камер сгорания теряется мощность двигателя вследствие ухудшения наполнения цилиндров, ухудшаются условия смазывания, появляется детонация, калильное зажигание и др. нежелательные явления.

Чтобы поддерживать заданные параметры работы двигателя и обеспечить его длительную эксплуатацию тепло приходится отводить от нагретых деталей (от камеры сгорания, клапанов, цилиндров двигателя, поршневой группы и т. д.) в окружающую среду. В качестве охлаждающих агентов в двигателях используют воздух или жидкости.

Основным способом охлаждения деталей работающего двигателя является использование отдельной системы охлаждения. Наибольшее распространение получили жидкостные системы охлаждения, для работы которых применяются охлаждающие жидкости.

В двигателях с жидкостным охлаждением блок и головка цилиндров выполнены двойными. Между стенками образуется охлаждающая рубашка, которая заполняется жидкостью. Охлаждающая жидкость отводит тепло от стенок и головок цилиндров и отдает тепло воздуху, который пропускается вентилятором через радиатор. Таким образом охлаждающая жидкость непрерывно циркулирует в замкнутой системе охлаждения, нагреваясь в блоке и головке цилиндров и охлаждаясь в радиаторе.

Работа двигателя без охлаждения невозможна, т. к. приводит к перегреву двигателя, последствиями которого являются:

- падение мощности двигателя, вследствие возрастания потерь мощности на преодоление трения;
- ухудшение работы системы смазки;
- заедание и заклинивание перегретых деталей, пригорание поршневых колец и клапанов;
- понижение механической прочности конструкционных материалов, растрескивание поршней;
- преждевременное самовоспламенение рабочей смеси;

- ухудшение наполнения цилиндров горючей смесью.

В то же время чрезмерное охлаждение двигателя способствует:

- падению мощности двигателя из-за увеличения тепловых потерь;
- ухудшению смесеобразования и неполному сгоранию топлива;
- нарушению режима смазки и увеличению вследствие этого потерь на трение;
- увеличению износа деталей вследствие разжижения масла тяжелыми фракциями топлива.

Для наилучшей работы двигателя необходимо создать оптимальный температурный режим. Исследованиями установлено, что нормальный тепловой режим двигателей обеспечивается при оптимальных температурах, которые составляют для бензиновых двигателей плюс 75...80 °С, для дизелей – плюс 80...90 °С.

В процессе работы охлаждающая жидкость должна обеспечивать отвод 25...35 % общего количества тепла, выделяющегося при сгорании топлива.

Исходя из назначения и условий работы, охлаждающие жидкости должны отвечать следующим требованиям:

- эффективно отводить тепло, иметь высокие теплоемкость и теплопроводность;
- иметь хорошую прокачиваемость в широком диапазоне температур, не должны замерзать и кипеть при всех рабочих температурах двигателя;
- не образовывать отложений на внутренней поверхности системы охлаждения;
- обладать минимальной испаряемостью и вспениваемостью;
- не разрушать материалы, с которыми жидкость соприкасается в процессе работы, т. е. не вызывать коррозии металлов и сплавов и не разъедать резиновых шлангов и соединений системы охлаждения;
- быть стабильными в эксплуатации и при хранении;
- не воспламеняться, быть безопасными в обращении дешевыми и недефицитными.

В качестве охлаждающих жидкостей применяются вода, специальные низкотемпературные жидкости, топливо, водоспиртовые растворы.

Для эксплуатации двигателей при положительных температурах воздуха самой подходящей охлаждающей жидкостью является вода. При отрицательных температурах во избежание замерзания воды применяют водные смеси с различными веществами, снижающими температуру замерзания. Такие смеси получили название антифризов.

Недостатком воды как охлаждающей жидкости является способность образовывать в системе охлаждения накипь и шлам. Образование накипи в системе охлаждения связано с выпадением из водного раствора солей кальция и магния, которые вместе с частицами примесей и продуктов коррозии “прикипают” к поверхностям нагретого металла. Слой накипи имеет малую теплопроводность, т. е. ухудшает теплоотвод. Одновременно уменьшается сечение трубок радиатора, что ведет к перегреву двигателя и, следовательно, к увеличению расхода топлива.

О количестве растворенных в воде минеральных примесей, в виде растворенных солей, можно судить по ее жесткости.

Различают неустранимую (постоянную), устранимую (временную) и общую жесткость.

Общая жесткость – сумма молярных концентраций эквивалентов ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) в воде. Чем выше содержание в воде солей кальция и магния, тем больше ее жесткости. За единицу жесткости принимают 1 моль/м<sup>3</sup> солей жесткости, содержащихся в одном литре воды. Один моль/м<sup>3</sup> соответствует содержанию 20,4 мг/л ионов Ca или 12,16 мг/л ионов Mg.

В образовании накипи в системе охлаждения участвуют соли как устранимой, так и неустранимой жесткости. Но больший вред приносят соли устранимой жесткости. Первое же закипание воды в системе охлаждения приводит к выпадению бикарбоната кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и бикарбоната магния  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  и образованию накипи.

В зависимости от концентрации солей различают воду: очень мягкую, мягкую, средней жесткости, жесткую, очень жесткую (табл. 9.10).

Таблица 9.10

Содержание солей в воде

В о д а	Содержание солей	
	моль/м <sup>3</sup>	° жесткости
Очень мягкая	до 1,5	до 4 <sup>0</sup>
Мягкая	1,5-3	4-8 <sup>0</sup>
Средней жесткости	3-6	8-18 <sup>0</sup>
Жесткая	6-9	18-25 <sup>0</sup>
Очень жесткая	более 9	свыше 25 <sup>0</sup>

*Примечание.* 1 моль/м<sup>3</sup> = 2,804 °С

Для охлаждения двигателей, а также приготовления низкотемпературных охлаждающих жидкостей (антифризов) разрешается применять воду с жесткостью не более 6 моль/м<sup>3</sup>.

По степени пригодности для системы охлаждения двигателей природную воду можно распределить в следующем порядке: атмосферная (дождевая, снеговая) – мягкая; речная или озерная – мягкая или средняя; колодезная, ключевая или морская – жесткая.

Воду жесткую или очень жесткую перед использованием в системах охлаждения рекомендуется “умягчить” или смешать со специальными добавками - антинакипинами.

Способы умягчения воды: кипячение, перегонка, фильтрование через катиониты, химическая обработка (добавление кальцинированной соды и гашеной извести, гексаметофосфата ( $\text{Na PO}_3$ )<sub>6</sub>).

В качестве антинакипинов используются хромпик  $\text{K}_2 \text{Cr}_2\text{O}_7$ , нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , тринатрийфосфат  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Если накипь все-таки образовалась, ее следует удалять следующими составами:

- раствором 0,6 кг технической молочной кислоты в 10 л. воды;
- раствором 1 кг смеси фосфорной кислоты и 0,5 кг хромового ангидрида в 10 л. воды;
- раствором 100...150 г кальцинированной соды и 50 г керосина в 1 л воды или 50...60 г каустической соды и 20 г керосина в 1 л воды;
- 2 % раствор технической соляной кислоты (53 мл  $\text{HCl}$  на 1 л воды).

В двигателях с алюминиевыми деталями водяных рубашек запрещается применять для удаления накипи кислотные и щелочные растворы. Лучший способ удаления накипи в этих случаях – применение раствора кальцинированной соды с последующей промывкой системы охлаждения водой.

Образование накипи кроме ухудшения теплоотвода приводит к увеличению расхода топлива. Так, при толщине накипи 1,5...2 мм расход топлива может возрасти на 8...10 %. Это происходит вследствие недопустимого повышения температурного режима цилиндропоршневой группы из-за термического сопротивления слоя накипи.

Наличие у современных двигателей двухконтурной системы охлаждения с термостатом исключает возможность применения воды в зимнее время. Это связано с тем, что после пуска охлаждающая жидкость для более быстрого прогрева двигателя циркулирует только по малому контуру, минуя радиатор. Время до открытия термостата и циркуляции по большому контуру может быть достаточно большим, особенно при низких температурах. В течение этого времени вода в радиаторе без циркуляции может замерзнуть, что приведет к его размораживанию.

При температуре окружающего воздуха ниже 0 °C в системы охлаждения вместо воды заливают охлаждающие низкотемпературные жидкости (НОЖ) – антифризы.

Антифриз – низкозастиывающая техническая жидкость для поглощения и отвода тепла. Эти жидкости обеспечивают надежное охлаждение и полностью исключают возможность размораживания системы охлаждения при эксплуатации техники в условиях низких температур.

Антифризы представляют собой смеси этиленгликоля с водой. Свойства этих жидкостей во многом отличны от свойств исходных компонентов.

Этиленгликоль – 2-атомный спирт  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ . Это прозрачная бесцветная вязкая жидкость без запаха. Температура кипения равна  $197,85^\circ\text{C}$ , температура застывания  $-11,5^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $- 2,52 \text{ кДж/кгК}$ .

Этиленгликоль с водой образует смеси, замерзающие при более низких температурах (табл. 9.11).

Таблица 9.11  
Температура замерзания водно-этиленгликолевых растворов, % об.

Этиленгликоль	20	30	40	50	55	60	70
$\text{H}_2\text{O}$	80	70	60	50	45	40	30
температура застывания, $^\circ\text{C}$	-8	-15	-24	-34	-42	-55	-68

Температура застывания от 0 до минус  $70^\circ\text{C}$ . При концентрации  $66,7\%$  этиленгликоля температура застывания смеси равна минус  $75^\circ\text{C}$ .

Дальнейший рост концентрации этиленгликоля в смеси повышает температуру ее застывания.

Температура кипения антифриза равна  $120-132^\circ\text{C}$ .

При замерзании антифризы образуют рыхлую массу, объем которой на довольно высоком содержании этиленгликоля ( $40\%$  и более) увеличивается незначительно (не более  $0,25$ ). Поэтому в случае замерзания этиленгликолевые жидкости не вызывают разрушения системы охлаждения.

Промышленность выпускает несколько марок антифризов на базе этиленгликоля. В качестве антифризов можно использовать смеси воды со спиртами, смеси воды с глицерином, смеси углеводородов и ряд других веществ.

До 1990 года выпускались и были распространены низкозастиывающие охлаждающие жидкости марок 40 и 65, Тосол А-40 и Тосол А-65.

В настоящее время широко применяются жидкости охлаждающие низкозастиывающие ОЖ-40, ОЖ-65, Тосол А-40М, Тосол А-65М, Лена-40, Лена-65. Их характеристика дана в табл. 9.12.

Таблица 9.12

Характеристика низкозастывающих охлаждающих жидкостей

Компоненты	Массовая доля в % масс.					
	ОЖ-40	ОЖ-65	А-40М	А-65М	Лена-40	Лена-65
	ГОСТ 28084-89	ТУ 6-57-48-91	ТУ 113-07-02-88			
1	2	3	4	5	6	7
Этиленгликоль	53	66	53,7	62,4	56	65
Вода	46,6	33,6	43,6	34,6	44	35
Присадки, г/дм <sup>3</sup> :						
динатрий фосфат	0,25-0,35	0,3-0,35	-	-	-	-
декстрин	0,1	0,1	0,04	0,05	-	-
Композиция присадок на основе бензойной кислоты и буры (антикоррозионные соединения)	-	-	2,55	2,95	3,47	4,03
ПМС-200А	-	-	0,005	0,005	0,001	0,001
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-40	-65	-40	-65	-40	-65
Плотность при 20° С, г/см <sup>3</sup>	1,065÷1,085	1,085÷1,100	1,078÷1,085	1,085÷1,100	1,075÷1,085	1,085÷1,100
Цвет	Желт.	Оранж.	Голуб.	Красн.	Желто – зеленый	

Этиленгликоль и его водные растворы имеют повышенный коэффициент объемного расширения (6...8 %). Чтобы предотвратить переполнение системы охлаждения при нагреве двигателя, объем заливаемой жидкости в систему охлаждения должен составлять 92...95 %.

При работе двигателей из этиленгликолевых охлаждающих жидкостей испаряется в основном вода. В системе охлаждения периодически необходимо добавлять кипяченую или мягкую воду. Прежде чем долить в систему охлаждения воду, проверяют состав смеси гидрометром. Если при добавлении воды в смесь уровень жидкости не достаточен при установленной ее плотности, то дополнительно вводят свежую этиленгликолевую смесь.

Применение антифризов исключает опасность размораживания системы охлаждения при длительной стоянке автомобилей в

условиях низких температур. Надежную эксплуатацию автомобилей обеспечивает применение ОЖ при температурах:

ОЖ-40, Тосол-А-40М, Лена-40 – от минус 40 до плюс 95<sup>0</sup> С;

ОЖ-65, Тосол-А-65М, Лена-65 – от минус 60 до плюс 95<sup>0</sup> С.

Применять на автомобилях некондиционную или не имеющую паспорта качественного состояния жидкость запрещается.

ОЖ заливают в промытую и исправную систему охлаждения при неработающем двигателе. До отказа заполнять систему охлаждения холодной ОЖ запрещается. Нормы расхода ОЖ представлены в табл. 9.13.

Заправка и дозаправка машин ОЖ производится с помощью специальных заправочных средств: ведер, кружек, воронок, ручных насосов, раздаточных кранов. Заправочные средства должны иметь надпись: “Только для охлаждающей жидкости”.

Таблица 9.13

Норма расхода ОЖ	
Наименование проводимых работ	Требуемое количество жидкости, заправ.
Залив системы охлаждения	1,0
Долив в систему на 1 месяц эксплуатации:	
для гусеничных машин	0,12
для колесных машин	0,08

В процессе эксплуатации ОЖ допускается появление коричневой окраски. Изменение цвета не является браковочным показателем.

Срок эксплуатации указывают в научно-технической документации на конкретную ОЖ, а с 1992 года он должен быть не менее 5 лет.

Срок хранения в резервуарах и таре для ОЖ-40; ОЖ-65 не менее 5 лет, Тосол и Лена – 3 года.

Контроль качества ОЖ проводится: контрольный анализ – 1 раз в 6 месяцев, складской анализ – 1 раз в 12 месяцев.

## 9.6. Эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей

**Охлаждающие свойства.** Способность жидкостей отводить тепло от нагретых деталей зависит от теплоемкости, теплопроводности, вязкости. С повышением вязкости увеличивается толщина пленки жидкости на охлаждаемой поверхности, скорость циркуляции у пристенного слоя уменьшается, в результате этого уменьшается теплоотвод. Из ОЖ, применяемых в системе охлаждения, наиболее эффективно отводит тепло вода. Этиленгликоль, спирт, глицерин и антифризы уступают воде по охлаждающей способности.

### **Низкотемпературные и высокотемпературные свойства.**

Температурные пределы применения охлаждающих жидкостей ограничиваются их температурами кипения и замерзания. Для нормальной эксплуатации двигателя рекомендуется, чтобы температура кипения охлаждающей жидкости была на 20...30 °С выше максимальной рабочей температуры. Низкий температурный предел определяется температурой замерзания или вязкостью жидкости.

Спирты, гликоли и глицерин в смеси с водой имеют низкие температуры замерзания. Однако при повышенных температурах низшие одноатомные спирты испаряются из смеси, что приводит к повышению температуры замерзания и создает опасность в пожарном отношении. Водные смеси глицерина, обладающие достаточной для целей эксплуатации температурой замерзания (от минус 35 °С до минус 40 °С), содержат 60...70 % глицерина. Это делает охлаждающую жидкость очень вязкой и повышает ее стоимость. Поэтому наибольшее распространение имеют низкозамерзающие гликолевые охлаждающие жидкости. Температура замерзания антифризов обеспечивает надежную эксплуатацию техники в зимних условиях.

**Коррозионность.** Коррозионное воздействие охлаждающих жидкостей вызывается прежде всего содержащимися в них кислородом и хлор-ионами. Поэтому вода, предназначенная для приготовления антифризов, должна удовлетворять следующим требованиям: содержать хлор-ионов не более 0,0007 % и иметь общую жесткость не более 6 мг-экв/л. Водопроводная вода коррозионно-агрессивна, так как обычно хлорируется (массовая доля хлора около 0,01 %).

Водные растворы этиленгликоля и спиртов характеризуются повышенной коррозионностью по отношению к металлам. Введение антикоррозионных присадок позволяет в значительной степени снизить коррозионное действие антифризов. Двухзамещенный фосфорнокислый натрий  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (2,5...3,5 г/л) предохраняет от коррозии чугунные, стальные и медные детали; декстрин картофельный (изомер крахмала  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) защищает от коррозии припои, алюминий, медь (1...1,1 г/л). Присадки на основе бензойно-кислого натрия, нитрита натрия и буры защищают от коррозии все сплавы металлов системы охлаждения двигателей. Этиленгликолевые жидкости вызывают коррозию цинковых покрытий, поэтому хранение их в оцинкованных бочках не допускается.

**Вспениваемость.** Образование пены ухудшает отвод тепла. Гликолевые охлаждающие жидкости в чистом виде не склонны к образованию пены. Попадание в жидкости нефтепродуктов приводит к интенсивному образованию устойчивой пены. Попадание в жидкости нефтепродуктов приводит к интенсивному образованию устойчивой пены в процессе работы двигателя, значительно снижает теплоемкость и теплопроводность жидкости, а также приводит к выбрасыванию жидкости из радиатора. Поэтому необходим тщательный

контроль за соблюдением чистоты при хранении жидкостей и заправке системы охлаждения.

Водоглицериновые смеси легко вспениваются. Вспениваемость их уменьшается при добавлении спирта.

**Токсичность и пожароопасность.** Этиленгликоль и приготовленные на его основе охлаждающие жидкости ядовиты. При попадании в организм человека они вызывают тяжелые отравления, а проникнуть в организм они могут и через кожные покровы. Смертельной дозой при попадании внутрь считается 50-199 мг (в пересчете на этиленгликоль).

Жидкости непожароопасны. Температура самовоспламенения этиленгликоля на воздухе не выше 400 °С, температура вспышки в закрытом тигле около 116 °С. Температура вспышки этиленгликолевых жидкостей значительно выше.

Жидкости не горят до тех пор, пока содержание воды не уменьшится в результате испарения до 20 %.

### 9.7. Моющие жидкости.

Чистота автомобильных стекол – одно из главнейших условий безопасности на дороге в любое время года и при любых погодных условиях. Хорошая видимость и быстрота реакции водителя – залог безаварийной езды. Современный рынок автомобильных аксессуаров предлагает широкий выбор различных стеклоомывающих жидкостей.

Для лета с мытьем стекол вполне справится чистая вода. Для улучшения её моющей способности в воду добавляют шампуни или другие поверхностно-активные вещества, красители и отдушки.

Зимой вода замерзает. Поэтому необходима для этих целей незамерзающая жидкость.

Стеклоомывающие жидкости различаются по своему составу и имеют разные пороги замерзания, это обусловлено климатическими условиями местности. Таким образом, первый критерий по выбору незамерзающей жидкости для автомобиля — это учет региона, в котором транспортное средство эксплуатируется. Заливать зимнюю стеклоомывающую жидкость необходимо, когда температура окружающего воздуха начала стремиться к нулю.

Самой главной частью, которая обеспечивает незамерзание жидкости при отрицательных температурах, в составе такого продукта является спирт, отличающийся низкой температурой замерзания. Современные производители в своих незамерзайках могут использовать один из трех типов спирта:

- Этиловый;
- Изопропиловый;
- Метиловый.

В качественных смесях доля спирта может составлять от 25% до 75% в зависимости от минимальной температуры, при которой смесь будет использоваться. То есть если нужен конечный продукт, который выдержит «- 10 градусов, используют всего 25%, а если нужно «- 30, — 40» то используется спирт от 50 до 75%. Такая жидкость на лобовом стекле не оставит льда даже при сильном ветре и морозе, не превышающем возможности жидкости.

Следующий компонент незамерзайки – поверхностно-активные вещества. В результате наличия такого компонента продукция прекрасно справляется с удалением загрязнений с лобового стекла: грязи, копоти, выхлопных газов и тому подобного. В случае качественной незамерзающей смеси, где процентное содержание ПАВ подобрано правильно, всего за пару секунд после применения незамерзайки на поверхности не останется даже никаких разводов. Содержание такого компонента – до 1%.

В продукты высокого качества в состав незамерзайки добавляется и этиленгликоль, который обеспечивает текучесть жидкости при низких температурах, так как в мороз спирты начинают с понижением температуры постепенно загустевать. Этиленгликоль разжижает спирт при низких температурах, не давая им загустевать.

Если для изготовления незамерзайки использовался этанол, то в состав жидкости обязательно вводится денатурирующее вещество до 0,5%, чтобы нельзя было употребить незамерзайку внутрь.

Следующим компонентом незамерзайки является краситель, который добавляется в количестве 0,001 % для придания жидкости голубого или красного цвета. Наиболее распространен голубой цвет.

Обязательный компонент любой незамерзайки конечно вода. Для качественной жидкости применяется дисциplinированная или с высокой степенью очистки вода. Если применять некачественную воду, то можно очень быстро засорить форсунки системы омывания стекла и вывести всю систему из строя. А для того, чтобы отбить запах спирта, особенно изопропилового спирта, добавляются в жидкость ароматизаторы до 0,8%. Как правило, в состав качественных незамерзаек входят отдушки для нейтрализации запаха спирта, изготовленные в ЕС. Они безопасны, гипоаллергенны и обладают приятным ароматом. По результатам многочисленных потребительских тестов, наиболее ненавязчивыми, приятными запахами обладают стеклоомыватели с цветочными, травяными отдушками.

Метиловый спирт для изготовления незамерзайки в России запрещен из-за его ядовитых свойств.

Незамерзающую жидкость можно приготовить легко самому в условиях гаража, зная её рецептуру. Необходимо знать, что для температуры не ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  необходимо 11% спирта; для температуры не ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  надо 20% спирта; для температуры не ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  необходимо уже 25% спирта. Для температур  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  и  $-50^{\circ}\text{C}$  необходимо соответственно 41%, 55% и 70% спирта. При этом

спирт должен быть 96,2%. В данном случае речь идет об этаноле. Необходимо также в приготовленную жидкость добавить пару капель автошампуня, пузырек огуречного лосьона, дисцилированной воды в нужном количестве и незамерзающая жидкость собственного приготовления готова.

Таким образом к незамерзайкам предъявляются следующие требования:

1. Жидкость должна быстро и эффективно очищать лобовое стекло автомобиля от любых возможных загрязнений не оставляя разводов;

2. Жидкость не должна образовывать на стекле ледовую корку, даже в сильный мороз и при сильном встречном ветре;

3. Жидкость не должна наносить вред здоровью хозяину автомобиля и его пассажирам, а также вызывать аллергические реакции у них;

4. Жидкость не должна наносить вред лакокрасочному покрытию автомобиля и уплотнителю лобового стекла.

### **9.8. Автошампуни.**

Мойка машины является обязательной процедурой по уходу за транспортным средством. В этих целях используются автошампуни.

Специалисты считают, что авто требуется мыть в летний период не реже одного раза в неделю, а в зимний – 2 раза в месяц. Помывку можно производить как самостоятельно, так и отвезти машину в специализированный пункт обслуживания. Там не только произведут мойку, но также высушат, а при желании автовладельца и отполируют автомобиль.

Современный рынок автотоваров предлагает большой выбор всевозможной автомобильной химии. Среди всего разнообразия предлагаются и автошампуни. Автошампуни разработаны специально, чтобы удалять все возможные загрязнения, которые могут появиться при эксплуатации автомобиля. К тому же они безвредны для лакокрасочного покрытия.

Моющие средства бывают нескольких видов:

- шампунь для ручной (контактной) мойки;
- для бесконтактной мойки.

Автошампунь для ручной мойки может использоваться как на автомойках, так и при самостоятельном применении. Он не такой агрессивный, поэтому не отмывает как следует многие загрязнения. Это связано с тем, что контактная мойка предполагает растирание средства по кузову и применение более агрессивных компонентов может повредить покрытие. Этот вид шампуня не является опасным для человека, но работу проводить лучше все же в перчатках.

Автошампунь концентрат для бесконтактной мойки способен удалить более стойкие загрязнения. Его распыляют в виде пены под высоким давлением. Мойка происходит гораздо быстрее, чем ручная и является более эффективной. Нужно соблюдать меры безопасности при работе с данным средством и пользоваться средствами личной защиты. Этот вид шампуней является очень агрессивным.

Все автомобильные шампуни можно разделить на три класса:

- **Автошампунь с воском.** Отличительной особенностью этих средств является наличие в их составе искусственного воска и полимеров, которые образуют на поверхности кузова специальную пленку, защищающую ее от воздействия ультрафиолета, пыли, противобледенительных составов в зимнюю пору. Такие шампуни можно использовать вместе с полиролями, в состав которых входит аналогичный искусственный воск.

- **Высокотехнологичные шампуни.** Это наиболее современные разработки, в состав которых входят так называемые наночастицы. По заверениям производителей, они способны восстанавливать и сохранять в первозданном виде лакокрасочное покрытие автомобиля.

- **Автошампуни для сухой мойки.** Это специальные полироли, которые не нуждаются в использовании воды. Обычно они реализуются со специальными распылителями, с помощью которых шампунь наносится на поверхность. После этого его нужно тщательно растереть по кузову, и он будет чистым, как новый.

Наибольшей популярностью пользуются традиционные шампуни и шампуни с воском.

Следует обратить внимание на то, что чем «агрессивнее» шампунь, тем больше в его составе щелочей, что не всегда хорошо, поскольку эти химические соединения плохо влияют на человеческий организм, а также на ЛКП автомобиля, вызывая на нем микрошероховатости и микротрещины, которые со временем могут расширяться.

В основе действия мощного средства лежит взаимодействие поверхностно-активных веществ с загрязненными поверхностями, которое усиливается присутствием правильно подобранных электролитов (растворов неорганических солей, щелочей или кислот). Моющие средства для мойки автомобилей представляют собой водные растворы композиций ПАВ, щелочей, смягчителей, усилителей, стабилизаторов, ингибиторов коррозии и других компонентов.

А вот поверхностно активных веществ (ПАВ) должно быть как можно больше. Именно они отвечают за процесс отмывания грязи. В качественном «неагрессивном» шампуне этих веществ должно быть от 5% до 15%.

ПАВ – это поверхностно-активные вещества, которые являются самыми необходимыми составляющими любых моющих и чистящих средств. Существует огромное разнообразие ПАВ, которые в

зависимости от своих физико-химических показателей используются для различных целей. Основа действия ПАВ - снижение поверхностного натяжения для перевода загрязнений в раствор, т. е. отмывание загрязнений с любой поверхности. Эти вещества адсорбируются на поверхности загрязнений, воздействуя на них.

ПАВ делят на 4 вида:

- Анионоактивные ПАВ - (отрицательно заряженные ионы)  
Основное достоинство - относительно невысокая стоимость, эффективность и хорошая растворимость.

- Катионоактивные ПАВ – (положительно заряженные ионы)

Основное достоинство - бактерицидность

- Неионогенные ПАВ - растворяются в воде, не образуя ионов.

Основное достоинство - благоприятное действие на ткань, кожу, 100% биоразлагаемость!

- Амфотерные ПАВ - в зависимости от pH среды могут быть катионоактивными или анионоактивными. Основное достоинство - мягкое воздействие на кожу

Непрерывно возрастающее потребление ПАВ негативно влияет на экологию, поэтому в настоящее время в большинстве стран приняты законы, разрешающие производство и применение ПАВ, биоразлагаемость которых не менее 80%.

Биоразлагаемость– разрушение молекул в результате биохимических и физико-химических процессов и под действием микроорганизмов, присутствующих в воде и почве.

NaOH —гидроксид натрия (каустическая сода, каустик, едкая щёлочь, едкий натр) — самая дешевая и распространённая щёлочь. Используется при производстве большинства моющих средств для омыления жиров.

Действует на кожу и слизистые оболочки прижигающим образом. Особенно опасно попадание, даже малейших частиц, в глаза. Гидроксиды разрушают бумагу, кожу и другие материалы органического происхождения.

НТА нитрилтриацетат, тринатриевые соли нитрилтриуксусной кислоты– это компонент, улучшающий характеристики очистителей и моющих средств. Используется при производстве многих моющих средств как стабилизатор для смягчения воды и удаления следов щелочноземельных и тяжелых металлов. Вреден, может вызвать рак и болезни почек.

ФОСФАТЫ– это сильнодействующие дешевые компоненты, используемые во многих чистящих средствах, как правило, добавляются для того, чтобы многократно усилить активность и свойства поверхностно-активных веществ. Они помогают ПАВ лучше и глубже проникать в поры и вымывать грязь. Но этим самым фосфаты также помогают ПАВ легче проникать через кожу в кровь, обезжи-

ривают кожу и разрушают защитный слой. В результате цена за чистоту — ослабление иммунитета, аллергия и много других болезней.

Накапливаясь в водоеме, они ускоряют рост водорослей, действуя на них, как удобрение. В результате водоросли растут с необычайной скоростью и засоряют реки и озера. Один грамм фосфатов приводит к образованию 5-10 килограммов этих типичных представителей пресных водоемов, что ведет к недостатку кислорода. Появляются токсичные субстанции, отравляющие воду и убивающие живые организмы.

Запрет на использование фосфатов действует во многих странах Европы. Вместо фосфатов используют другие органические вещества, более безопасные, но стоят они минимум в полтора раза дороже.

Многие производители средств для мойки автомобилей, иногда даже очень известные, производят «сильные» продукты путем введения дешевой каустической соды NaOH, при этом даже не указывая уровень pH ни на этикетке, ни в описании товара. Поэтому такие средства помимо удаления загрязнений могут привести к разрушению ЛКП и, что самое худшее, деталей из алюминия. Если щелочь разрушит естественную оксидную пленку алюминия, он легко будет продолжать разрушаться даже под действием воды!

А вот что касается воска, то его использование неоднозначно. Дело в том, что вместе с красотой и блеском на кузове он снижает эффективность мойки. Поэтому некоторые мастера рекомендуют вместо этого использовать шампуни с силиконом. Для улучшения свойств автошампуней в их состав вводят ингибитор коррозии.

В продажу поступают два вида — концентрат и готовый продукт. Готовый продукт сразу готов к использованию в соответствии с инструкцией. Что касается концентрата, то его необходимо развести в соответствии с требованиями, указанными на упаковке или в прилагаемой документации. Обычно концентраты продаются в тарах меньшего объема, однако это зависит от конкретного производителя. И по статистике большинство автошампуней реализуется все-таки в виде концентрата. Это вызвано соображениями по экономии тары и объема используемых при производстве компонентов.

По способу воздействия профессиональные моющие средства для аппаратной и ручной мойки отличаются, но в составе содержат много одинаковых или сходных компонентов.

Основа — это вода с кислотнo-щелочным показателем pH=7, как самым безопасным для хромированных, резиновых и лакокрасочных поверхностей. По установленным стандартам подходящий интервал — от 6 до 9 единиц.

Две важных составляющих автошампуня — *ПАВы* (поверхностно-активные вещества) и *комплексообразователи*.

Непосредственно удаление грязи — задача ПАВ. Их в моющем средстве может быть от 5 до 30%. Бесконтактная автохимия со-

держит более агрессивные щелочные активные вещества, для контактной ручной мойки — с нейтральной или слабощелочной средой. Самые распространенные *неионогенные и анионные ПАВ*, которые представляют собой оксизетилаты жирных спиртов.

*Комплексообразователи* или комплексоны усиливают действие поверхностно-активных веществ, снижают жесткость воды и снимают поверхностное натяжение. Это увеличивает текучесть и дает возможность автошампуню проникнуть во все труднодоступные места кузова.

Шампуни для бесконтактной мойки обязательно содержат специальные вещества-пенообразователи.

Большинство профессиональных моющих средств содержит различные присадки и добавки, обеспечивающие дополнительную защиту деталей и поверхностей. Это полифосфаты, силиконовые смолы, полиакриламиды, антикоррозийные добавки, которые блокируют коррозию, действие УФ-излучения, ускоряют сушку.

Защитную полирующую пленку на лакокрасочном покрытии автомобиля образуют входящие в состав автошампуня мелкодисперсные *частички восков и полиролей* — полимерных или силиконовых. Они заполняют микротрещины, восстанавливают блеск и цвет, снижают действие агрессивной внешней среды.

*Отдушки* применяют в автомобильных моющих средствах для нейтрализации неприятных химических запахов, а красители — для большей привлекательности.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Назовите классификацию технических жидкостей.
2. Объясните требования к техническим жидкостям для гидросистем.
3. Назовите назначение тормозных жидкостей. Как влияет на работоспособность тормозной жидкости ее обводнение?
4. Назовите эксплуатационные свойства жидкостей для гидравлических систем.
5. Назовите требования к качеству охлаждающих жидкостей.
6. Охарактеризуйте эксплуатационные свойства охлаждающих жидкостей.
7. Назовите марки и состав охлаждающих жидкостей.
8. Назовите состав стеклоомывающей жидкости.
9. Назовите состав автошампуней.

## ГЛАВА 10. ШИНЫ.

### 10.1 Конструкция шины.

На первый взгляд все шины кажутся одинаковыми. Знание конструкции шины позволит выбрать действительно подходящую модель, поскольку современные технологии серьезно улучшают управляемость, топливную экономичность и снижают износ по сравнению с показателями шин, выпущенных всего несколько лет тому назад.

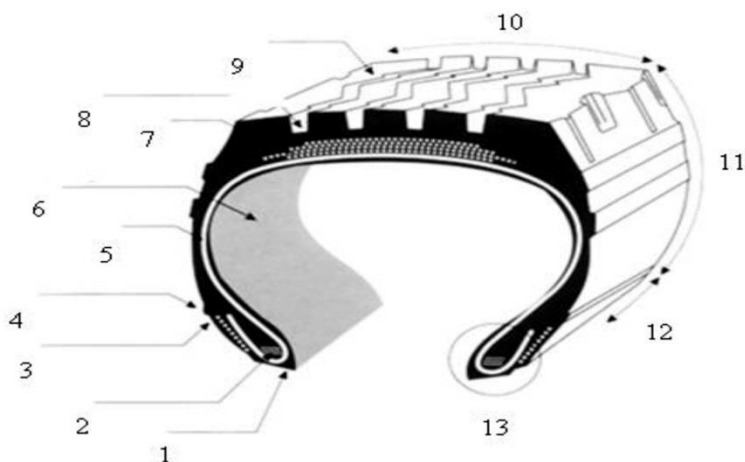


Рис.10.1 Устройство шины 1-носок борта, 2-бортовое кольцо, 3-несущая зона борта, 4-монтажный слой, 5-каркас, 6-внутренний слой, 7-брекер, 8-основание протектора, 9-протектор, 10-беговая дорожка протектора, 11-боковина, 12-посадочная зона, 13-борт.

Шина состоит из различных материалов. Современные шины представляют собой сложную конструкцию, состоящую из слоев, армированных металлическим или текстильным кордом, и протектора, созданного путем компьютерного моделирования. Все это обеспечивает наилучшее сочетание эксплуатационных характеристик для каждого типа шин.

— **Каркас** — главный силовой элемент покрышки, состоящий из одного или нескольких слоев обрезиненного корда, закрепленных, как правило, на бортовых кольцах. Корд представляет собой ткань, состоящую из толстых нитей основы и тонких редких нитей по утку, изготавливаемую на основе натуральных или синтетических волокон, или тонких стальных нитей (металлокорд);

Каркас изготавливается из прорезиненных нитей корда, набранных вместе и образующих слой. В диагональной конструкции эти слои расположены таким образом, что нити корда перекрещиваются между собой по всей окружности шины. В радиальной шине слой каркаса расположен так, что нити лежат параллельно друг другу от борта к борту по всей окружности шины.

**Брекер** — внутренняя деталь покрышки, расположенная между каркасом и протектором и состоящая из нескольких слоев обрезиненного металлического или другого корда. Брекер предназначен для смягчения ударных нагрузок на шину, возникающих при движении автомобиля по дороге. Брекерные слои завершают построение каркаса радиальной шины, охватывая его снаружи.

**Протектор** — наружная резиновая часть покрышки шины, как правило, с рельефным рисунком, обеспечивающая сцепление с дорогой и предохраняющая каркас от повреждений;

**Боковина** — слой покровной резины, расположенный на боковой стенке покрышки, предохраняющий каркас от наружных повреждений;

**Борт покрышки** — жесткая часть пневматической шины, обеспечивающая ее крепление на ободе колеса.

Диагональным шинам присуще множество недостатков и конструктивных ограничений. Поскольку нити корда перекрещиваются, при работе шины ее каркас подвержен сильному внутреннему трению. Это приводит к постоянному перегреву и преждевременному износу шины. Жесткость каркаса диагональных шин, вследствие особенности их конструкции, снижает управляемость и комфорт.

Радиальная конструкция с соответствующим расположением нитей каркаса и металлокордных брекерных слоев отличается эластичностью и способностью поглощать неровности дорожного покрытия. Одновременно с этим внутреннее трение значительно снижено, что приводит к многократному увеличению рабочего ресурса шин. Среди других преимуществ — лучшее сцепление с дорогой, повышенные управляемость и комфорт.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации шины имеют следующие типы рисунков протектора:

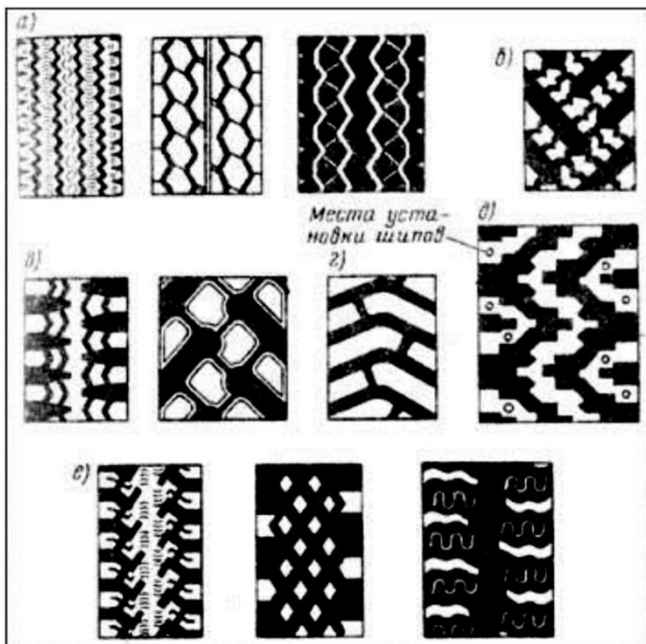


Рис. 10.2 Типы рисунка протектора:

а — дорожный; б — направленный; в — повышенной проходимости; г — карьерный; д — зимний; е — универсальный.

Дорожный, состоящий из шашек или ребер, расчлененных щелевидными прорезями; шины с дорожным рисунком протектора предназначены для эксплуатации преимущественно на дорогах с усовершенствованным капитальным покрытием (I, II, III категорий);

Универсальный рисунок протектора, состоящий из шашек или ребер в центральной зоне беговой дорожки и грунтозацепов по ее краям: шины с универсальным рисунком протектора предназначены для эксплуатации на дорогах преимущественно с усовершенствованным облегченным покрытием (III и IV категорий) и переходных дорогах (IV и V категорий);

Рисунок протектора повышенной проходимости, состоящий из высоких грунтозацепов, расчлененных широкими выемками: шины с рисунком протектора повышенной проходимости предназначены для работы в условиях бездорожья и на мягких грунтах;

Направленный рисунок протектора — не симметричный относительно радиальной плоскости колеса: шины с направленным рисунком протектора предназначены для эксплуатации в условиях бездорожья и на мягких грунтах;

Асимметричный рисунок протектора — не симметричный относительно центральной плоскости вращения колеса;

Зимний рисунок протектора — имеет выступы с острыми кромками: шины с зимним рисунком протектора предназначены для эксплуатации на заснеженных и обледенелых дорогах и могут быть оснащены шипами противоскольжения;

## 10.2 Виды шин.

- **Шоссейные шины (HIGHWAY)** шины разработаны для движения по мокрой или сухой дороге с твердым покрытием. Использование таких шин зимой на льду или на снегу недопустимо, поскольку они не обладают необходимыми сцепными свойствами.

- **Зимние шины (SNOW или MUD + SNOW – M+S)** шины обеспечивают максимальное сцепление с дорогой при движении по снегу и льду. Протектор имеет характерный рисунок, обеспечивающий отвод снега из зоны пятна контакта, и отличается повышенными сцепными свойствами, а применение специальных компонентов в резиновых смесях способствует сохранению их свойств даже при очень низких температурах. Однако улучшение сцепных свойств обычно сопровождается снижением управляемости на сухом покрытии в результате повышенного внутреннего трения, а также более высоким уровнем шума при движении и достаточно быстрым износом протектора.

- **Всесезонные шины (ALL SEASON или ALL WEATHER)** шины сочетают отличные сцепные свойства на мокрой или заснеженной дороге с достаточной управляемостью, комфортом при движении и износоустойчивостью протектора. Не стоит обольщаться, если Вы встретите недорогую покрышку с подобной маркировкой (всесезонная или всепогодная), т.к. такие шины изготовлены по стандартам стран, в которых климатические условия на протяжении года далеки от российских.

- **Скоростные шины (PERFORMANCE)** шины созданы для применения на автомобилях высокого класса. Такие шины призваны обеспечить повышенные сцепные свойства и более высокий уровень управляемости. Кроме того, вследствие особых условий эксплуатации, скоростные шины должны противостоять значительным температурным нагрузкам. Автомобилисты, покупающие скоростные шины, обычно готовы принять определенные неудобства, связанные с меньшим комфортом и быстрым износом, в обмен на прекрасную управляемость и сцепление с дорожным полотном.

- **Всесезонные скоростные шины (ALL SEASON PERFORMANCE)** шины созданы специально для тех, кому требуются улучшенные скоростные характеристики при эксплуатации автомобиля круглый год, включая движение по льду и снегу. Создание

таких шин стало возможным только благодаря современным технологиям, появившимся в последние несколько лет.

- **Дождевые шины (аквапокрышки)** имеют характерный рисунок протектора: глубокий водоэвакуационный канал, от которого идут к краям косо нарезанные поперечные канавки, по которым вода выбрасывается из пятна контакта.

### 10.3 Маркировка шин.

На боковинах шины содержится вся необходимая информация. Практически все, **что** нужно знать о шине, нанесено на ее боковую поверхность. Если посмотреть боковину любой шины, то можно обнаружить там буквенно-цифровой код, который может выглядеть, например, так: 235/70R16 105H. Каждая буква и цифра заключают в себе важную информацию, позволяющую определить, подходит ли данная шина к вашему автомобилю.

В некоторых случаях перед буквенно-цифровым кодом приводятся дополнительные буквы, обозначающие тип автомобиля, для которого предназначена шина. Так, буква «P» ставится на шинах, предназначенных для легковых (Passenger), а «LT» – малых коммерческих (Light Trucks) автомобилей. Первое число кода, в нашем случае 235, – общая ширина шины в миллиметрах. Второе число, в нашем случае 70 – серия шины, или отношение высоты профиля шины к его ширине. В приведенном выше обозначении высота шины составляет 70% ее ширины. Далее, как правило, следует буква «R», означающая, что шина – радиальная (Radial).

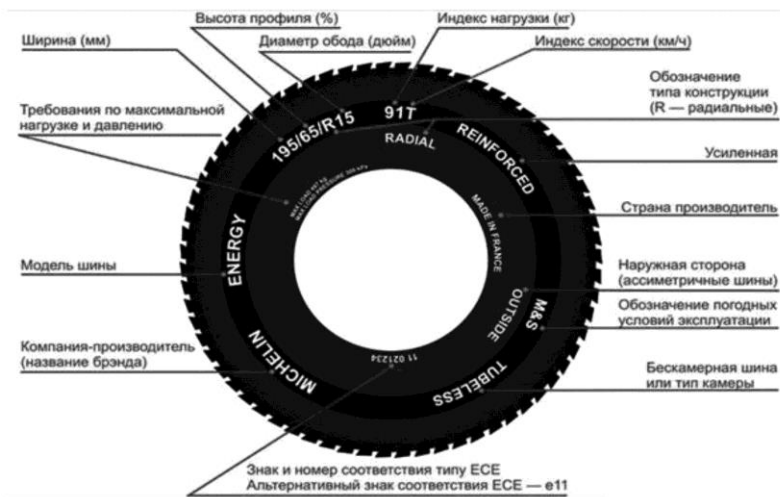


Рис.10.3 Маркировка шин.

Следующее число – 16 – обозначает посадочный диаметр обода, выраженный в дюймах. В данном примере – 16 дюймов. Последние число и буква 105 И отражают эксплуатационные характеристики, на которые рассчитана данная шина, – индекс нагрузки и индекс скорости.

Итак, повторим пройденное. Шина с обозначением 235/70R16 105H имеет ширину в 235 мм, серию 70, является радиальной, соответствует колесу с диаметром обода 16 дюймов, индекс нагрузки ее равен 105 (нагрузка в 925 кг), а индекс скорости – H (скорость до 210 км/ч). Важно также помнить, что написание обозначения характеристик шин могут несколько отличаться от приведенного выше примера у разных производителей вследствие различных подходов к сертификации.

Кроме выше перечисленных, существуют другие обозначения, несущие массу полезной информации. Зная эти несложные обозначения, любой автовладелец без труда сможет приобрести и правильно эксплуатировать автошины.

- TUBE TYPE – камерная конструкция.
- TUI – бескамерная конструкция.
- TR – коэффициент износоустойчивости, определяется по отношению к «базовой шине», для которой он равен 100.
- TRACTION A – коэффициент сцепления, имеет значения А, В, С. Коэффициент А имеет наибольшую величину сцепления в своем классе.
- E17 – соответствие европейским стандартам.
- DOT – соответствие стандартам США. Маркировка DOT является чем-то вроде «отпечатка пальцев» шины. Ее наличие говорит о том, что данная шина соответствует нормам безопасности шин Транспортного Департамента США (Department of Transportation) и допущена к эксплуатации. DOT – это Американская система сертификации. На покрышках, поставляемых согласно стандартам такие метки могут встречаться как вместе, так и по отдельности, все зависит от куда они поступили на российский рынок. Чаще всего встречается метка E, которая свидетельствует о соответствии европейским странам-изготовителям. Для примера рассмотрим следующую маркировку: DOT M5H3 459X 064. Первые буквы и цифры, следующие за аббревиатурой DOT, служат для обозначения фирмы-производителя и заводского кода. Третья, четвертая и пятая буквы, 59X, обозначают код типоразмера, которым по выбору специфицируют шины их производители для указания их размера и некоторых характеристик. Последние три цифры указывают на дату изготовления: первые две относятся к неделе, а последняя к году производства. Так, 064 значит, что шина была изготовлена в шестую неделю 1994 года. Все шины должны соответствовать как международным, так и российским стандартам

- M+S (грязь и снег), Winter (зима), Rain (дождь). Water или Aqua (вода), All Season North America (всесезонная для Северной Америки) и т.п. – шины, предназначенные для эксплуатации в конкретных условиях.

- PLIES: TREAD – состав слоя протектора.
- SIDEWALL – состав слоя боковины.
- MAX LOAD – максимальная нагрузка, кг/английские фунты.

ты.

- MAX PRESSURE – максимальное внутреннее давление в шине, КПа.

- ROTATION – направление вращения.

- Left (шина устанавливается на левую сторону автомобиля), Right (шина устанавливается на правую сторону автомобиля). Outside или Side Facing Out (внешняя сторона установки), Inside или Side Facing Inwards (внутренняя сторона установки) – для шин с асимметричным рисунком протектора.

- DA (штамп) – незначительные производственные дефекты не препятствующие нормальной эксплуатации.

- TWI D – указатель индикатора износа протектора. Сам индикатор представляет собой выступ на дне канавки протектора. Когда протектор стирается до уровня этого выступа, шину пора менять.

- GREAT BRITAIN -страна-производитель.

- TEMPERATURE A – температурный режим, показатель, характеризующий способность шины противостоять температурным воздействиям. Он, как и предыдущий, подразделяется на три категории A, B и C.

Температурная характеристика показывает способность шины выдерживать температурный режим, который позволяет сохранять характеристики шин, заложенные заводом-изготовителем, в зависимости от климатических условий эксплуатации. Этот показатель является одним из важных вследствие того, что шины, изготовленные из резины и других материалов, меняют свойства под воздействием высоких температур. В случае с температурной характеристикой также используют буквенный индекс от «А» до «С», где «А» соответствует максимальному сопротивлению к нагреву. Поэтому, зимние шины, как правило, мягче летних и не «дубеют» с понижением температуры, летом же они, наоборот, начинают «таять». Рисунок протектора зимних шин намного грубее, со множеством специальных углублений – ламелей, на боковине обычно имеется маркировка M+S (Mud + Snow) – грязь и снег и/или Winter – зима.

Таким образом, на данный момент разделение шин на летние и зимние носит ярко выраженный характер. Хотя некоторые производители применяют технологии выпуска шин, пригодных для любых климатических условий, но такие шины пока далеки от совершенства.

Так же, существует таблица значений индекса скорости с показателями от А (минимальное значение) до Z (максимальное значение). Правда, с одним исключением: буква Н выпадает из последовательности и находится между U и V, соответствуя скорости до 210 км/ч. Индекс «Q» соответствует минимальной скорости для легковых автомобилей, а «V» применяется для шин, сертифицированных для скоростей до 240 км/ч.

#### **10.4 . Уход за шинами**

Уход и обслуживание шин должны производиться в соответствии с «Правилами эксплуатации автомобильных шин». После каждого дня выезда необходимо осматривать шины и колеса и застрявшие в протекторе твердые предметы удалять.

Давление воздуха нужно проверять только в полностью остывших шинах (после длительной езды для полного остывания шин необходимо несколько часов) ручным манометром.

Переставлять шины рекомендуется при выявлении технической необходимости — неравномерный или интенсивный износ рисунка протектора, необходимость установки более надежной шины на передние колеса, установка одной или нескольких новых или других шин и т. д.

При обнаружении повреждений шин и колес необходимо принять меры к их устранению.

В процессе осмотра могут быть выявлены следующие эксплуатационные повреждения покрышек: повышенный или неравномерный износ рисунка протектора из-за неправильной установки колес (схождение и развал), резкого торможения и трогания с места, больших люфтов в подшипниках и втулках рулевых тяг, повышенного радиального и торцового биения, дисбаланса; излом каркаса может быть следствием езды с пониженным давлением воздуха и перегрузки; разрыв каркаса как следствие ударов о твердые дорожные препятствия и эксплуатации шин на больших скоростях при высоких температурах их нагрева; механические повреждения в виде пробоев и порезов в любой части поверхности покрышки из-за соприкосновения с твердыми и острыми предметами.

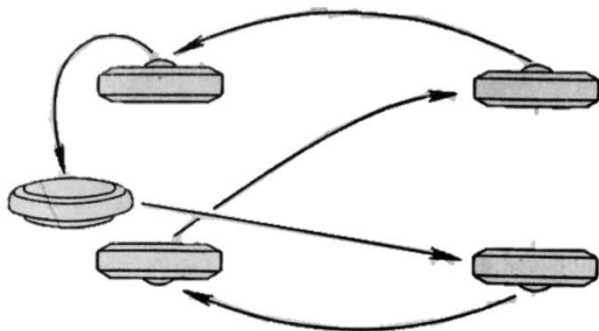


Рис.10. 5. Схема перестановки шин на автомобиле.

Если шины имеют индикаторы износа в виде выступов (высотой  $1,6+0,15$  мм), расположенных по дну канавки рисунка протектора, то предельный износ покрышки соответствует моменту начала износа выступов. При отсутствии индикаторов износа остаточная глубина рисунка протектора, по достижении которой шину следует снять с эксплуатации, составляет 1,6 мм.

Запасное колесо необходимо накачивать до номинального значения давления воздуха. Всегда нужно иметь в автомобиле комплект исправного монтажного инструмента, домкрат, насос, манометр, необходимые принадлежности для ремонта шин в пути, а также запасные золотники и колпачки. При эксплуатации в зимних условиях, особенно при больших минусовых температурах, после длительной стоянки необходимо некоторое время (до 20 мин) двигаться сначала с пониженной скоростью,

Если на автомобиль устанавливаются шины с шипами противоскольжения, то они должны быть установлены на всех колесах, в том числе и на запасном.

Запрещается эксплуатация автомобиля на шинах с шипами противоскольжения на дорогах, свободных от льда и снега.

Иногда выявляется необходимость применения цепей или приспособлений противоскольжения. Применять их в любом случае надо осторожно, учитывая возможность их разрушающего действия на шину, и только на короткое время.

### 10.5 . Хранение шин и особенности их эксплуатации.

Все шины, годные к эксплуатации, в целях предупреждения их старения должны храниться в сухом помещении, защищенном от попадания солнечных лучей. При длительном хранении в разное время года в помещениях допускаются колебания температуры воздуха от  $-30$  до  $+25$  °С.

Колеса в сборе с шинами и отдельные шины должны храниться в вертикальном положении на деревянных стеллажах. При собранном колесе и хранении покрышки с вложенной в нее камерой последняя должна быть наполнена воздухом с небольшим давлением, но так, чтобы камера заполнила внутренний объем покрышки.

Между бортами бескамерных шин рекомендуется оставлять картонные или деревянные распорки. При длительном хранении шин и колес во избежание деформации их необходимо поворачивать через 2—3 мес. При хранении камер отдельно они должны быть наполнены воздухом и вывешены на вешалках с дугообразными полками. Запасные камеры, хранящиеся в автомобиле, должны быть аккуратно сложены и расположены в таком месте, где исключалось бы попадание на них нефтепродуктов. Не нужно класть на камеру тяжелые и острые предметы. После длительного хранения камеры в сложенном положении рекомендуется ее надуть, проверить герметичность и если есть необходимость, снова сложить, но так, чтобы новые места изгиба не совпадали со старыми.

При хранении шин и камер в гаражных условиях необходимо следить, чтобы отопительные и нагревательные приборы располагались не ближе 1 м от них. Рядом с покрышками и камерами не должны храниться горюче-смазочные материалы или кислоты.

Более высокие эксплуатационные качества шин радиальной конструкции возможно реализовать при правильной их эксплуатации.

Шины типа Р на колеса должны монтироваться очень тщательно, исключая возможность повреждений бортов, которые работают в более напряженных условиях из-за повышенной деформации шины и более высокого внутреннего давления воздуха. Незначительные, на первый взгляд, повреждения бортов шины могут вызвать их разрушение.

В связи с тем, что как нагрузочные характеристики, так и условия работы радиальных и диагональных шин различны, не допускается комплектование колес автомобиля шинами различных типов. Все колеса должны быть укомплектованы либо шинами Р, либо диагональными шинами. Не рекомендуется комплектация колес шинами Р разных моделей.

Если при каких-то условиях возникла острая необходимость постановки на автомобиль и радиальных и диагональных шин, то необходимо две радиальные шины монтировать на задние, а две диагональные на передние колеса автомобиля. Это обеспечит более устойчивое движение автомобиля.

Вследствие меньшего числа слоев каркаса и специфики расположения нитей корда в слоях каркаса шины. Даже несмотря на более высокое давление воздуха в них по сравнению с диагональными шинами имеют на 10—20% большую радиальную и боковую деформации. Вследствие этого при эксплуатации шин Р необходим

более строгий контроль за поддержанием установленного давления воздуха.

Снижение давления воздуха по сравнению с нормальным ухудшает устойчивость движения автомобиля приводит к ускоренному разрушению боковин каркаса и бортов покрышки, к повышенному износу рисунка протектора.

Необходимо более тщательно оберегать шины Р от механических повреждений и резких перегрузок, снижать скорость при езде по каменистым или разбитым дорогам, переезде препятствий. Канавки протектора необходимо своевременно очищать от застрявших твердых предметов.

Глубокие порезы протектора хотя и не ведут к выходу шин из строя, но создают предпосылки к более раннему разрушению.

Недопустима эксплуатация шин Р, имеющих повреждения, особенно если повреждены боковые стенки, более тонкие и более нагруженные, чем боковые стенки диагональных шин. При повреждениях шины Р быстрее теряют работоспособность.

Если автомобиль был оснащен обычными диагональными шинами, а затем были установлены шины Р, водителю рекомендуется некоторое время ездить с особой осторожностью, особенно на больших скоростях, при обгонах и поворотах.

Правилами эксплуатации шин при езде на автомобиле, оснащенном шинами Р, рекомендуется: соблюдать особую осторожность при обгонах, на крутых поворотах, при съезде и выезде на обочины; резко снижать скорость при езде по каменистым и разбитым дорогам; не допускать ударов о тротуар и выступающие предметы; избегать буксования, особенно на плохих дорогах.

## **10.6. Восстановление и ремонт шин**

Шины ремонтируют на шиноремонтных заводах и на специализированных участках. Каркас шины при правильной эксплуатации может служить в 2—3 раза дольше срока службы шины после выхода ее из строя по причине износа протектора, поэтому при хорошо сохранившемся каркасе шину можно эффективно восстанавливать методом наложения протектора несколько раз. Производят наложение только беговой дорожки или беговой дорожки с хватом плечевых зон и боковин покрышки.

Шины с неизношенным рисунком протектора, но имеющие механические повреждения (разрывы, порезы, проколы), подвергаются местному ремонту на соответствующих вулканизационных участках. Пригодность шин для местного ремонта (первая или вторая группа) и восстановления, а также требования к восстановленным шинам определяются соответствующими техническими условиями. Гарантийные нормы пробега шин, подвергшихся местному ремонту для легковых автомобилей, составляют для первой группы ремонта 12 тыс. км, для второй 3 тыс. км.

Для крайних южных и северных районов устанавливаются пониженные гарантийные нормы.

В зависимости от состояния каркаса и брекера покрышки для восстановления разделяют на группы I и II.

К группе I относят покрышки без повреждения каркаса. Допускается не более пяти проколов покрышки размером до 5 мм.

Если покрышка имеет более существенные повреждения и требуется ремонт с применением пластырей, то их относят ко второй группе. Для диагональных покрышек второй группы допускается не более пяти проколов размером до 10 мм; разрушение корда брекера без повреждения каркаса не должно превышать  $1/5$  длины окружности; несквозные повреждения каркаса глубиной не более одного слоя могут быть не более 100 мм; сквозное повреждение каркаса глубиной более одного слоя допускается одно размером до 35 мм.

К шинам радиального типа, пригодным к восстановлению, предъявляют более жесткие требования. Гарантийные нормы пробега восстановленных диагональных шин составляют для группы I — 20 тыс. км, для группы II — 13 тыс. км. Так же как и при местном ремонте, для крайних южных, северных и северо-восточных районов гарантийные нормы пробега для восстановленных шин значительно ниже: для группы I — 14 тыс. км, для группы II — 9 тыс. км.

Повреждения в покрышках выявляют визуальным осмотром и методом пневмоскопии, или ультразвуковой дефектоскопии.

Пригодность шин к восстановлению устанавливают в соответствии с техническими условиями. Ремонтуют шины с применением горячей или холодной вулканизации. У бескамерных шин повреждения размером до 50 мм ремонтируют по той же технологии, что камерных, лишь с добавлением операции по восстановлению герметизирующего слоя. При наличии сквозных повреждений большого размера или сильной деформации боковин бескамерные шины восстанавливают и эксплуатируют как обычные камерные шины.

Ремонт покрышек в дорожных и гаражных условиях при проколах, в особенности бескамерных шин, производят специальными вставками-грибками и пробками.

Ножка грибка вставляется в поврежденное место покрышки с внутренней ее стороны с помощью проволоочной петли или специального шила с отверстием на конце. Рифленая ножка грибка способствует герметизации места прокола. Перед вставкой грибка его внутреннюю поверхность и поверхность покрышки промазывают клеем. После плотного прижатия шляпки грибка к поверхности покрышки его нужно тщательно прикатать. Выступающую часть ножки грибка после ремонта срезают. Резиновые пробки применяют только для ремонта бескамерных шин. Их вставляют специальным стержнем. Пробку насаживают на стержень и вставляют в прокол до кольцевого выступа на ее конце. Затем ее несколько вытягивают для того, чтобы кольцевой выступ на конической головке плотно прилегал к внутренней поверхности шины.

Путевой ремонт покрышки камерной шины возможен лишь как временная мера при наличии небольших сквозных повреждений. Его производят постановкой манжеты на внутренней поверхности покрышки. Материалом манжеты может служить каркас утильной покрышки. Края манжет срезают на конус. Манжету и место повреждения покрышки шерохуют и дважды промазывают клеем с промежутком 15 мин.

После наложения манжеты ее необходимо прикатать роликом от центра к краям.

В стационарных условиях ремонт автомобильных камер производят методом наложения заплат, или методом стыковки, когда требуется замена части камеры по всему сечению поперечного профиля, а также ремонт и замена вентиляей.

При проколах камеру можно отремонтировать холодным способом и вулканизацией. Наложение заплат холодным способом ненадежно (заплаты при последующем нагреве во время работы отстают) и может быть применено как временная мера при путевом ремонте. Резиновый клей, применяемый для вулканизации, в этом случае применять нельзя. Необходим невулканизирующийся клей, состоящий из натурального каучука, растворенного в бензине.

Перед тем как наложить заплату, необходимо камеру в месте повреждения тщательно очистить и смыть масляные пятна сначала бензином, затем промыть водой и высушить. Поврежденному месту камеры придают круглую или овальную форму, срезая острые углы. Заплату также вырезают соответственно круглой или овальной формы так, чтобы ее края на 20—25 мм перекрывали края поврежденного места камеры. Края заплаты с внешней стороны зачищают на конус. Участок камеры вокруг поврежденного места и заплату тщательно шерохуют (металлической щеткой, рашипилем).

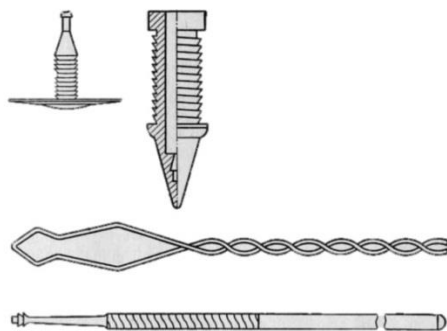


Рис. 6. Приспособления для ремонта проколов: а — резиновый грибок; б — полая резиновая пробка; в — проволочная петля; г — стержень для вставки пробки

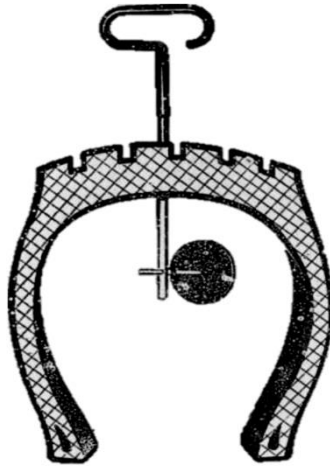


Рис. 7. Установка грибка в прокол.

Площадь шероховки вокруг поврежденного места должна превышать площадь заплаты. Зачищенные поверхности камеры и заплаты сначала смазывают клеем с концентрацией 1:8, а затем 1:5. Время просушки составляет 20—30 мин, если температура воздуха около 15—18°C. При холодной погоде время просушки увеличивается до 1 ч. На покрытые клеем поверхности не должна попадать пыль, их нельзя трогать руками, нельзя просушивать склеиваемые поверхности на ветру или на солнце. На поврежденное место камеры заплату нужно накладывать постепенно с одного края к другому с плотным прижатием соприкасающихся поверхностей, избегая образования складок и попадания воздуха.

Достаточно надежный метод ремонта камер — ремонт с применением холодной или горячей вулканизации. При холодной вулканизации в обычных условиях необходимо иметь самовулканизирующие материалы, к которым относятся клей, содержащий ультраускоритель и эпоксидную смолу, и специальная резина, на поверхность которой нанесен слой, содержащий эпоксидную смолу и серу. Прочное соединение камеры с заплатой при использовании самовулканизирующих веществ происходит довольно быстро — за 3—5 мин. Вырезанный или подправленный участок камеры должен перекрываться вырезанной соответствующей формы заплатой на 15—20 мм по всему периметру. На зачищенную поверхность камеры вокруг повреждения сначала наносят слои клея, который потом счищают кромкой твердого предмета (ножом) с целью удаления остатков пыли и крошек резины. Затем зачищенные поверхности промазывают дважды клеем с последующей просушкой. С пластыря снимают защит-

ную пленку, накладывают его на поврежденное место и разглаживают от центра к краям.

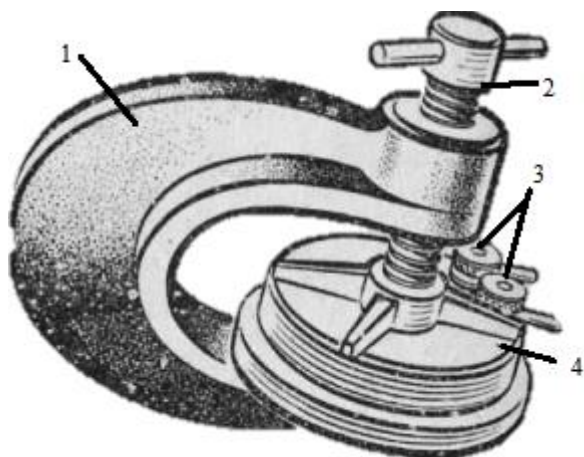


Рис. 8. Путьевой электровулканизатор: 1 — струбцина; 2 — винт; 3 — контакты электроплитки (на 12 В); 4 — электроплитка

При горячем способе вулканизации камеры ремонтируют при помощи специальных брикетов. Брикет представляет собой металлическую чашечку, заполненную горючей смесью. К дну чашечки прикреплена заплатка из сырой быстро вулканизирующейся резины. При ремонте не требуется никакого клея. Сняв пленку, покрывающую резину, чашечку с заплаткой плотно прижимают специальной струбциной к подготовленному для ремонта месту камеры так, чтобы ось винта находилась в середине поврежденного места камеры. Горючую массу в чашечке слегка разрыхляют и поджигают. В результате горения поддерживается необходимая для вулканизации температура (140—145 °С). После сгорания массы необходимо выждать 10—15 мин и затем удалить чашечку.

В настоящее время для ремонта камер применяют электровулканизаторы

### Контрольные вопросы и задания:

1. Назовите элементы устройства шины. Дайте характеристику каждому.
2. В чем отличие радиальной шины от диагональной?
3. Какие типы рисунка протектора существуют?
4. Как производят восстановление и ремонт шин?
5. Перечислите виды шин. Дайте характеристику каждому.

6. Как выполнить ремонт покрышек в дорожных и гаражных условиях при проколах?
7. Какую информацию несет маркировка шины?
8. Как производят уход за шинами?

## ГЛАВА 11. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### 11.1. Сбор и утилизация отработавших нефтепродуктов

Сбор и утилизация нефтепродуктов имеет важное экологическое и экономическое значение. Её правовой базой являются Закон РФ "Об охране окружающей природной среды" и Закон РФ "О санитарно - эпидемиологическом благополучии населения".

В соответствии с существующими правовыми нормами все отработанные нефтепродукты делятся на шесть категорий:

1. Отработанные индустриальные масла, собранные по маркам исходных масел и пригодные для регенерации;
2. Смесь отработанных индустриальных масел, пригодная для переработки или использования;
3. Смесь отработанных моторных масел, пригодная для переработки или использования;
4. Смесь отработанных нефтепродуктов различного происхождения, пригодная для переработки или использования;
5. Отработанные нефтепродукты, непригодные для переработки с целью дальнейшего использования и подлежащие экологически обоснованному уничтожению;
6. Опасные отработанные нефтепродукты, содержащие особо токсичные компоненты подлежащие уничтожению на специальных установках по соглашению с Госкомприродой.

Все организации и физические лица, деятельность которых связана с образованием отработанных нефтепродуктов, должны обеспечить соблюдение установленных экологических нормативов при обращении с отработанными нефтепродуктами. Отработанные нефтепродукты должны собираться отдельно по указанным категориям в специально выделенную для этих целей тару, промаркированную соответствующим образом. При этом следует помнить о том, что хранение и транспортирование отработки должно быть организовано в полном соответствии с правилами противопожарной безопасности. Нельзя допускать попадание в отработку продуктов не нефтяного происхождения.

Вся отработка подлежит учету и при невозможности ее использования на собственные технологические нужды необходимо организовать сдачу отработанных нефтепродуктов организации, имеющей лицензию Госкомприроды на переработку или уничтожение отработанных нефтепродуктов.

Содержание ценных углеводородов в отработанных нефтяных маслах очень высокое. Выход базовых масел при регенерации отработки составляет до 85 %. По групповому углеводородному составу и физико - химическим свойствам регенерированные масла близки соответствующим свежим.

Отработанные моторные масла регенерируют разнообразными методами, в том числе многоступенчатыми. В настоящее время для регенерации масел применяют следующие технологические процессы:

*физические* - отстаивание, фильтрация, отгон топливных фракций, центрифугирование, промывка водой, вакуумная перегонка и др.;

*физико-химические* - коагуляция загрязнений поверхностно - активными веществами; контактная очистка отбеливающими глинами; селективная очистка пропаном, фенолом, фурфуролом и др.;

*химические* - сернокислотный, щелочной, гидрогенизационный.

Масла *полученные* в результате регенерации нефтеотходов по своим потребительским свойствам не уступают аналогичным маслам, полученным при переработке нефти.

Отдельно организуется сбор отработанного антифриза. При этом следует помнить, что антифриз яд и относиться к нему следует в полном соответствии с правилами обращения с ядовитыми техническими жидкостями. На поверхности отработанного антифриза не должно быть нефтяных пятен, а содержание этиленгликоля должно быть не менее 35%. В этом случае его после соответствующих анализов лаборатории можно легко восстановить, отфильтровав и добавив недостающее количество этиленгликоля, декстрина и динатрий-фосфата.

## **11.2. Нормирование расхода горючего и смазочных материалов**

Нормирование расхода топлив и смазочных материалов отечественной и зарубежной автомобильной техники производится с учётом специфики эксплуатации автомобилей ведомствами, в которых эта техника используется. Нормы расхода согласовываются с Отраслевой автомобильно-дорожной службой России (ОАДС). Например, в министерстве обороны расход горючего и смазочных материалов осуществляются в соответствии с нормами расхода, указанными в приказе министра обороны, в которых основные нормы соответствуют нормам ОАДС по соответствующим шасси военной техники, а добавочные коэффициенты применяются в полном соответствии с условиями эксплуатации военной техники. То есть, каждое ведомство имеет право менять нормы расхода в полном соответствии со своими условиями работы, но основные нормы должны соответствовать нормам ОАДС.

Так что такое основные нормы расхода горючего? Это норма расхода горючего на основной двигатель шасси без груза, прицепа, летом в литрах на 100 км пути по дороге с твердым покрытием. Основную норму расхода горючего и смазочных материалов еще назы-

вают базовой нормой. Учёт дорожно-транспортных, климатических и других эксплуатационных факторов производится с помощью ряда поправочных коэффициентов, выраженных в процентах от базовой нормы, которые в основном увеличивают норму расхода. Но есть и уменьшающие базовую норму расхода коэффициенты, например, при движении по улучшенному шоссе на равнинной слабохолмистой местности основная норма уменьшается на 15 %, а на холмистой местности – на 10%.

Основным документом нормирования расхода горючего и смазочных материалов для всех организаций является Нормативный документ: "Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте ( Р 03112194 - 0366 – 97 )".

Для автомобилей общего назначения установлены следующие виды норм:

- 1) базовая норма на 100 км пробега автомобиля;
- 2) норма на 100 тонно-километров (ткм) транспортной работы (учитывает дополнительный расход топлива при движении автомобиля с грузом);
- 3) норма на увеличение расхода топлива на маневрирование с грузом в пунктах погрузки и выгрузки.

Нормы расхода топлива повышаются при следующих условиях:

1. Работа в зимнее время:
  - в южных районах страны - до 5 %;
  - в северных районах страны - до 15 %;
  - в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к районам Крайнего Севера - до 20 %;
  - в остальных районах страны - до 10 % (для Оренбургской обл. зимняя надбавка до 15 %, срок действия в течение года - 6 месяцев);
2. Работа в горных местностях при высоте над уровнем моря:
  - от 500 до 1500 м - на 5 %;
  - от 1501 до 2000 м - на 10 %;
  - от 2001 до 3000 м - на 15 %;
  - свыше 3000 м - на 20 %;
3. Работа автотранспорта на дорогах со сложным планом (наличие в среднем на 1 км пути более пяти закруглений радиусом менее 40 м) - до 10 %;
  - работа в городах с населением свыше 2,5 млн. человек - до 20 %;
  - работа в городах с населением от 0,5 до 2,5 млн. человек - до 15 %;
  - работа в городах с населением до 0,5 млн. человек - до 10 %;
  - работа, требующая частых технологических остановок, связанных с погрузкой и выгрузкой, посадкой и высадкой пассажи-

ров и т.д. (в среднем более чем одна остановка на 1 км пробега) - до 10 %;

4. Перевозка крупногабаритных, взрывоопасных и т.п. грузов, грузов в стекле и т.п., при выполнении полевых работ со скоростью движения от 2 до 20 км/ч, движение в колоннах со скоростью до 20 км/ч - до 10 %;

5. При пробеге первой тысячи километров автомобилями, вышедшими из капитального ремонта и новыми, а также при централизованном перегоне таких автомобилей своим ходом в одиночном состоянии - до 15 %;

6. При перегоне в спаренном - до 10 % или строенном состоянии до - 20 %;

7. Для автомобилей, находящихся в эксплуатации

- более 5 лет - до 5 %;

- более 8 лет - до 10 %;

8. Для работы в условиях бездорожья – до 35%;

9. При использовании кондиционера норма расхода топлива увеличивается на 5%.

При работе дополнительного оборудования от привода двигателя шасси транспортного средства горючее списывается из расчета 25 км по базовой норме за час работы оборудования. На пожарные машины зимой устанавливаются дополнительно нормы расхода горючего на прогрев двигателя, так как машины должны быть готовы к немедленному выезду. Они должны работать в холостом режиме 15 минут каждого часа в режиме ожидания.

При необходимости применения одновременно нескольких надбавок, норма расхода топлива устанавливается с учётом суммы или разности этих надбавок.

### 11.3. Последовательность нормирования расхода топлив

Для легковых автомобилей нормируемое значение расхода топлива рассчитывается по следующему соотношению:

$$H = 0.01 * H_6 * S * (1 + 0,01 * K_{\Sigma}), [10.1]$$

где: H - нормативный расход топлива, литры;

$H_6$  - базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км;

S - пробег автомобиля, км;

$K_{\Sigma}$  - поправочный коэффициент к норме (суммарная относительная надбавка или снижение) в процентах.

Для автобусов нормируемое значение расхода топлива устанавливается аналогично легковым автомобилям. В случае использования на автобусе в зимнее время штатных независимых отопителей,

расход топлива на работу отопителя учитывается в общем нормируемом расходе топлива следующим образом:

$$H = 0.01 * H_6 * S * (1 + 0,01 * K_{\Sigma}) + H_{OT} * T, [10.2]$$

где  $H_{OT}$  - норма расхода топлива на работу отопителя, л/час;  
T - время работы автомобиля с включенным отопителем, час.

Для бортовых грузовых автомобилей или автопоездов нормируемое значение расхода топлива определяется по следующему соотношению:

$$H = 0,01 * (H_6 * S + H_{TP} * V_{TP}) * (1 + 0,01 * K_{\Sigma}), [10.3]$$

где: H - нормативный расход топлива, литры или м<sup>3</sup>;  
 $H_6$  - базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля или автопоезда, л/100км или м<sup>3</sup>/100км;  
S - пробег автомобиля или автопоезда, км;  
 $H_{TP}$  - норма расхода топлива на транспортную работу, л/100км или м<sup>3</sup>/100км;  
 $V_{TP}$  - объём транспортной работы, т.км.

Норма расхода топлива на пробег автопоезда определяется из выражения:

$$H = H_6 + H_g * G_{пр}, [10.4]$$

где:  $H_6$  - базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км или м<sup>3</sup>/100км;  
 $H_g$  - норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100км или м<sup>3</sup>/100км;  
 $G_{пр}$  - собственная масса прицепа или полуприцепа, т.

Объём транспортной работы определяется из следующего соотношения:

$$V_{TP} = G_{гр} * S_{гр}, [10.5]$$

где:  $G_{гр}$  - масса груза, т;  
 $S_{гр}$  - пробег автомобиля с грузом, км.

Специальные и специализированные автомобили с установленным на них оборудованием подразделяются на две группы:

- автомобили, выполняющие специальные работы в период стоянки (автокраны, компрессорные, бурильные установки и т.п.);

- автомобили, выполняющие специальные работы в процессе передвижения (снегоочистители, поливомоечные и т.п.).

Нормативный расход топлива для специальных автомобилей, относящихся к первой группе, определяется следующим образом:

$$H = (0,01 * H_6 * S + H_0 * T) * (1 + 0,01 * K_{\Sigma}), [10.6]$$

где  $H_0$  - норма расхода топлива на работу специального оборудования, л/час или литры на выполняемую операцию (заполнение цистерны и др.);

$S$  - пробег автомобиля, км;

$T$  - время работы оборудования, час или количество выполненных операций;

Нормативный расход топлива для специальных автомобилей, выполняющих работу в процессе передвижения, определяется следующим образом:

$$H = 0,01 * (H_6 * S_x + H_{cp} * S_p) * (1 + 0,01 * K_{\Sigma}) + H_{cm} * C_m, [10.7]$$

где  $H_6$  - индивидуальная норма расхода топлива на пробег спецавтомобиля, л/100км;

$S_x$  - пробег спецавтомобиля к месту работы и обратно (холостой пробег), км;

$H_{cp}$  - норма расхода топлива на пробег при выполнении специальной работы во время передвижения, л/100км;

$S_p$  - пробег автомобиля при выполнении специальной работы при передвижении, км;

$H_{cm}$  - дополнительная норма расхода топлива на привод специальных механизмов или выполненную операцию (например на разбрасывание песка), литры или л/час;

$C_m$  - время работы специального оборудования, час или выполненных операций (например, разбросанных кузовов песка).

В каждом конкретном случае, отличающемся от показанных, следует руководствоваться документом "Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте (Р 03112194 - 0366 - 97)" и ведомственными приказами по нормированию расхода горючих и смазочных материалов.

Нормы расхода смазочных материалов установлены в л на 100 литров общего расхода топлива, рассчитанного по нормам для данного автомобиля, нормы расхода смазок соответственно в килограммах на 100 литров расхода топлива.

Для автомобилей находящихся в эксплуатации более восьми лет нормы расхода масел увеличиваются до 20 %.

Расход тормозных и охлаждающих жидкостей, а так же этилового спирта определяется в количествах заправок на один автомобильный транспорт (машину) в соответствии со сроками их замены.

#### **11.4. Учёт расхода горюче-смазочных материалов.**

Учет расхода горючего и смазочных материалов ведется в килограммах и в денежном выражении в специальных книгах учета в бухгалтерии транспортной организации. Учет движения талонов на топливо ведется в литрах и денежном выражении.

Книги учёта горючего и смазочных материалов и талонов на нефтепродукты должны быть пронумерованы, прошнурованы, подписаны руководителем и главным бухгалтером предприятия и скреплены печатью.

Записи заносят в книгу учёта ежедневно по данным документов, служащих основанием для оприходования или списания горючего и смазочных материалов (ГСМ) и талонов на нефтепродукты.

Основанием для оприходования талонов материально ответственным лицом является накладная на отпуск материальных ценностей (талонов ГСМ). Как правило, материально ответственное лицо само получает по доверенности от предприятия талоны на ГСМ в организации поставщике ГСМ.

Если на предприятии имеется своя заправка, то горючее и смазочные материалы получают по накладным от организации поставщика ГСМ, по которым и приходуются в книге учета. В этом случае учет ГСМ ведется в кг.

Документами, служащими основанием для списания талонов на нефтепродукты с материально ответственного лица являются расходные ордера, а также путевые листы, которые подтверждают фактический расход ГСМ водителем автомобиля. Расходный ордер списывает нефтепродукты с учета предприятия, но тем самым приходуются ГСМ на водителя. С водителя ГСМ списываются на основании данных расходования ГСМ по путевому листу. Пройденные автомобилем километры определяются, как разница между показаниями спидометра на конец дня и показаниями спидометра на начало дня.

Показания спидометра фиксируются уполномоченным лицом в первичных документах - путевом листе, маршрутном листе на начало и конец рабочего дня.

Параллельно с проставлением показаний спидометров в первичных бухгалтерских документах (путевых и маршрутных листах) ведётся Журнал снятия показаний спидометра лицом, ответственным за учёт пробега автомобилей. Журнал заводится на год и для каждого автомобиля в нем отводится несколько страниц журнала с таким расчётом, чтобы их хватило для ведения ежедневных записей в течение года. По окончании года журнал закрывается, и показания спидометра на последний день переносятся в новый журнал.

Расходный ордер оформляется на каждого водителя, получающего талоны на ГСМ и содержит следующие обязательные реквизиты: фамилия, имя и отчество лица, получающего талоны на ГСМ, дату составления документа, количество талонов, номинал одного талона, общую сумму полученных талонов, подписи материально ответственного лица и водителя. Выданное горючее и смазочные материалы на заправке предприятия записываются в соответствующие графы путевого листа.

По данным приходных и расходных документов материально ответственное лицо составляет Отчёт о движении талонов и ГСМ и представляет его в бухгалтерию предприятия вместе с приложенными первичными приходными и расходными документами.

Полученные бухгалтерией данные сводятся в ведомость пробега и расхода топлива транспортных средств за текущий месяц.

Расход топлива проверяется расчетами с использованием норм расхода ГСМ, действительного пробега автомобиля и сравнивается с фактическим расходом (полученное топливо минус остаток в топливном баке).

Если фактический расход больше нормативного, то выясняются причины перерасхода. Если причины технического характера, то автомобиль направляется на внеплановое техническое обслуживание и ремонт. Если устанавливается вина водителя (продажа), то перевозчик удерживается с виновного.

Если фактический расход меньше нормативного, то экономия топлива идет в резерв предприятия, а водитель получает поощрение от предприятия.

Списание топлив идет по фактическому расходу ГСМ.

### **11.5. Приём, хранение и транспортировка нефтепродуктов**

Приём нефтепродуктов на участке ГСМ осуществляется из железнодорожных цистерн на железнодорожной сливной эстакаде или на товарной станции с помощью насосной установки и автоцистерн. Может осуществляться прием и из автомобильных цистерн.

Порядок приёма следующий:

1. Проверяется сохранность пломб на цистернах с нефтепродуктами, после чего цистерна вскрывается. Если пломба сорвана, то необходимо присутствие при замерах представителя железной дороги и представителя незаинтересованной стороны, так как претензия в случае недостачи будет предъявляться к железной дороге.

2. После вскрытия цистерны определяется весовое количество нефтепродукта в ней.

Производится замер с помощью метрштока высота взлива, замеряется с помощью нефтенсиметра плотность нефтепродукта и температура и определяется весовое количество топлива с помощью железнодорожных таблиц в соответствии с типом цистерны. Если

измеренное количество нефтепродукта соответствует указанному в накладной, производится слив нефтепродуктов согласно Инструкции по эксплуатации. Поступившие нефтепродукты приходуются в журнале приёма. В случае недостачи кладовщик ставит в известность начальника участка, составляется акт о недостаче в полном соответствии с Инструкцией о порядке предъявления претензий и исков. Слив производится по распоряжению начальника участка.

Перед сливом отбирается контрольная проба горючего, определяется с помощью индикаторной пасты объем подтоварной воды, если она имеется, и проводится контроль качества топлива в объеме контрольного анализа. При соответствии качества паспорту качества, имеющемуся в сопроводительных документах, производится слив.

Из автомобильных цистерн топливо сливается прямо в емкости на пункте заправки.

Учет проводится посредством замера количества топлива до и после его слива. На заправочном пункте наличие ГСМ также учитываются в килограммах, хотя выдача топлива в баки машин производится в литрах. Замеры горючего на заправочном пункте проводятся каждый день при приеме-сдаче смены.

*Хранение и транспортировка нефтепродуктов.* Нефтепродукты хранятся как правило, в наземных и подземных металлических резервуарах. При небольших количествах топлив хранение их может быть организовано в бочках и канистрах при соблюдении всех правил пожарной безопасности. Резервуары должны быть оснащены заливными, сливными, замерными устройствами, смотровыми колодцами и дыхательными клапанами. Резервуары для хранения масел могут быть оснащены системой подогрева.

При хранении нефтепродуктов происходит испарение топлив, главным образом их легких фракций. Это значительно увеличивает пожароопасность заправки и склада, экологическую обстановку, а также приводит к непроизводительным потерям горючего.

К сильным потерям паров нефтепродуктов приводят негерметичное хранение, неисправности прокладок, дыхательных клапанов. Опасны также переливы нефтепродуктов при заполнении резервуаров и при заправке машин, а также утечки горючего через негерметичное технологическое оборудование. Резервуары следует заполнять не более 95% емкости, особенно летом. Лучше, если хранение нефтепродукта организовано в заглубленном резервуаре. В этом случае потери на испарение будут значительно меньше.

Чтобы избежать потерь нефтепродуктов от утечек из-за нарушений правил эксплуатации технологического оборудования, его неисправностей, необходимо вовремя проводить положенное техобслуживание технологического оборудования и технологический осмотр резервуаров. В случае нарушения герметичности резервуара обязательно произойдет и обводнение топлива из-за попадания воздуха внутрь резервуара и конденсации паров воды. Подтоварную

воду необходимо периодически удалять из резервуара. Вместе с ней удаляются смолы и грязь, накапливающаяся в процессе эксплуатации. Зачистка резервуара оформляется актом. Сама зачистка проводится в средствах защиты, со шланговым противогазом подготовленными рабочими в количестве не менее трех человек омедненным инструментом.

Много потерь нефтепродуктов происходят при так называемых больших дыханиях, то есть при заливе и сливе нефтепродукта, особенно бензина. Поэтому резервуары должны быть оборудованы системой кольцевого пространства, то есть газовой обвязки. В настоящее время появляются устройства улавливания паров нефтепродуктов, позволяющие довольно эффективно уменьшать их потери.[13, 14]

Потери паров нефтепродуктов происходят и во время замеров уровня взлива и отбора пробы для замера плотности хранящегося продукта. Этим потерь удается избежать, если резервуары оборудовать автоматическими устройствами измерения уровня и плотности жидкости. [13,14]

Для отвода статического электричества резервуары должны быть заземлены. Во избежание искрообразования работы на технологическом оборудовании резервуара должны производиться омедненным инструментом.

Уровень масла в заполненном резервуаре при подогреве, если такая система имеется, должен поддерживаться на 150 - 200 мм ниже предельного.

Ежемесячно проводится инвентаризация нефтепродуктов с составлением акта инвентаризации. При недостатке нефтепродуктов ее можно списать этим актом с учета, если недостача не превышает норм естественной убыли, которые подтверждаются расчетом.

Нефтепродукты, используемые на предприятиях автомобильного транспорта являются опасными грузами. Поэтому их перевозка регламентирована рядом нормативно-правовых документов:

1. Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов автомобильным транспортом ADR;

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 апреля 1994 года № 372 "О мерах по обеспечению безопасности при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом";

3. Инструкция МВД по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом;

4. другие документы

Согласно существующих положений этих документов, при перевозке опасных грузов должны быть следующие транспортно-сопроводительные документы:

- лицензионная карточка,
- сертификат на транспортное средство,
- маршрутный лист,

- свидетельство о соответствующей подготовке водителя,
- аварийная карточка,
- медицинская справка.

Транспортные средства, выполняющие перевозку опасных грузов, маркируются в соответствии с Правилами маркировки опасных грузов.

Перевозка опасных грузов должна выполняться только специальными или специально приспособленными для этих целей транспортными средствами. Автомобили, используемые для перевозки ГСМ, оборудуются выпускной трубой глушителя с выносом её вперед под передним бампером с выпуском отработанных газов влево. К технологическому оборудованию подсоединяется устройство для заземления. Кроме того к заднему бамперу подсоединяется металлическая цепь таким образом, чтобы ее последние три звена лежали на дороге. Этим обеспечивается отвод статического электричества во время движения автоцистерны.

Топливный бак должен быть удалён от аккумуляторной батареи или отделён от неё непроницаемой перегородкой, электрических проводов и выпускной трубы. Бак, кроме того, должен иметь защиту (кожух) со стороны днища и боков. Топливо не должно подаваться в двигатель самотёком. Ряд дополнительных требований предъявляется и к электрооборудованию автомобиля. Автомобиль должен быть обязательно оборудован средствами пожаротушения.

Соответствие автомобиля указанным требованиям определяется в ходе технического осмотра, то есть предрейсового контроля. Выезд необорудованного автомобиля за получением ГСМ бесполезен, так как на нефтебазу такой автомобиль не пропустят работники нефтебазы.

### **Вопросы и задания:**

1. Что является правовой базой утилизации отработавших нефтепродуктов?
2. Перечислите основные категории, на которые делятся отработанные нефтепродукты.
3. Назовите основные правила обращения с отработанными нефтепродуктами.
4. Назовите основные методы регенерации отработанных масел.
5. Перечислите виды норм расхода топлива, установленные для автомобилей общего назначения.
6. Назовите, какие эксплуатационные факторы учитываются при нормировании расхода топлива.
7. Каким образом нормируется расход топлива для новых автомобилей и модификаций, на которые отсутствуют базовые нормы, утверждённые Минтрансом РФ?

8. Приведите последовательность нормирования расхода топлива для легковых автомобилей.
9. Приведите последовательность нормирования расхода топлива для автобусов.
10. Приведите последовательность нормирования расхода топлива для бортовых грузовых автомобилей.
11. На какие группы делятся специальные и специализированные автомобили по условиям работы?
12. Приведите последовательность нормирования расхода топлива для каждой из групп специальных и специализированных автомобилей.
13. Каким образом осуществляется нормирование расхода смазочных материалов и специальных жидкостей?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов И.Г., Бадьштова К.М. и др. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. /Под ред. В.М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999.
2. Бурячко В.Р., Гук А.В. Автомобильные двигатели. - СПб.: НПИКЦ, 2005.
3. Вестник УлГПУ: сборник научных статей. Технические науки. – Ульяновск: УлГПУ, 2011. – Вып.7. – Т.2. – С.70-136.
4. ГОСТ Р В 50920-96 Топлива, масла, смазки и специальные жидкости для военной техники. Ограничительный перечень и порядок назначения. – М.: Госстандарт России, 1996.
5. Гришин Н.Н., Шибряев С.Б. и др. Химмотология пластичных смазок. /Под ред. И.Г.Фукаса/. – М.: ГАНГ им. И.М.Губкина, 1994.
6. Гуреев А.А., Азев В.С. Автомобильные бензины. Свойства и применение. - М.: Нефть и газ, 1996.
7. Давлетьяров Ф.А., Зоря Е.И., Цагарели Д.В. Нефтепродуктообеспечение. – М.: ИЦ «Математика», 1998.
8. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей. Справочник. – М.: Химия, 2000.
9. Данилов А.М. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. – М.: Химия, 1996.
10. Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю. Средства для раннего обнаружения утечек нефтепродуктов из резервуаров // Технологическая кооперация науки и производства: новые идеи и перспективы развития: сборник статей X Международной научно-практической конференции (15 февраля 2018 г., г. Челябинск). - Уфа: АЭТЕРНА, 2018. - С. 114-116.
11. Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю. Система автоматизированного обнаружения утечек нефтепродуктов // Успехи современного естествознания. - 2017. - № 11. - С. 63-67.
12. Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю. К вопросу о решении проблемы потерь нефтепродуктов от испарения // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 141–145.
13. Данилов В.Ф., Савельев А.В., Кюннап Р.И. Технические аспекты сокращения потерь нефтепродуктов при хранении в резервуарном парке. Труды НИИ 25 МО РФ. Вып. № 56 "К 50-летию химмотологии" под общей ред. профессора, д.т.н. В.В. Середы.-М.: изд-во "Перо", 2014г. 640 с (396-400)
14. Danilov V.F., Muhutdinov R.H., Shurygin V.Yu., Timerbaev R.M. The issue of evaporation loss of oil products and possible solutions // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 24. – P. 44900–44905.
15. Клемин В.В., Луценко Г.П., Ременсон В.А. Обеспечение экологической безопасности при повседневной деятельности воинских частей и подразделений: Учебное пособие. - МО РФ, 2000.

16. Коваленко В.Г., Сафонов А.С. и др. Автозаправочные станции. – СПб.: НИПКЦ, 2003.
17. Кульчитский А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие /Влад.гос. унив. – Владимир, 2000.
18. Литвиненко А.Н. 53. Резников М.Е. Авиационные топлива и смазочные материалы (Авиационная химмотология). – М.: Воениздат, 2004.
19. Литвиненко А.Н. Научные основы топливоподготовки, расширения ресурсов и оценки качества нефтепродуктов. Часть 1. Топливоподготовка и расширение ресурсов нефтепродуктов. – Ульяновск: УВВТУ, 1993.
20. Литвиненко А.Н. Научные основы топливоподготовки, расширения ресурсов и оценки качества нефтепродуктов. Часть 2. Оценка качества нефтепродуктов. – Ульяновск: УВВТУ, 1993.
21. Литвиненко А.Н., Шанько В.С. Новые методы исследования газожидкостных систем и обработки результатов. – Ульяновск: УВВТУ, 1992
22. Литвиненко А.Н. Основы подготовки нефтепродуктов с улучшенными эксплуатационными свойствами. 2-е изд. пер. и доп. – Ульяновск: УФВАТТ, 2004.
23. Литвиненко А.Н., Шлейфер А.А. Перспективные технологии подготовки топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами. – Ульяновск: УВВТУ, 1989.
24. Литвиненко А.Н. Химмотология горючего и технические средства нефтепродуктообеспечения. Монография. - Ульяновск: УВВТУ, 2007.
25. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов, альтернативных топлив и технических жидкостей. Монография. - Ульяновск: РАЕН, УНЦ РАЕН, 2008..
26. Литвиненко А.Н. Химмотология горючего и технические средства нефтепродуктообеспечения. В 2-х томах. Монография. - Ульяновск: РАЕН, УНЦ РАЕН, 2010.
27. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 1. Назначение, марки, состав и применение нефтепродуктов и технических жидкостей. Том 1. Бензины. Дизельные топлива. Топлива для реактивных двигателей. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012.
28. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 1. Назначение, марки, состав и применение нефтепродуктов и технических жидкостей. Том 2. Смазочные масла. Пластичные смазки. Технические жидкости. Восстановление качества нефтепродуктов. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012.
29. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 1. Назначение, марки, состав и применение нефтепродуктов и технических жидкостей. Том 1. Бензины. Дизельные топлива. Топлива для реактивных двигателей. Электронное учебное пособие. –

Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012. – 209 с. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.knigafond.ru/books/>.

30. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 1. Назначение, марки, состав и применение нефтепродуктов и технических жидкостей. Том 2. Смазочные масла. Пластичные смазки. Технические жидкости. Восстановление качества нефтепродуктов. Электронное учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012. – 284 с. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.knigafond.ru/books/>.

31. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 2. Разработка технологий и установок топливподготовки и ликвидации аварийных проливов нефтепродуктов. Электронное учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012. – 354 с. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.knigafond.ru/books/>.

32. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 1. Назначение, марки, состав и применение нефтепродуктов и технических жидкостей. Том 2. Смазочные масла. Пластичные смазки. Технические жидкости. Восстановление качества нефтепродуктов. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2013.

33. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 2. Разработка технологий и установок топливподготовки и ликвидации аварийных проливов нефтепродуктов. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2013.

34. Обельницкий А.М., Егорушкин Е.А., Чернявский Ю.Н. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. – М.: ИПО «Полигран», 1997.

35. Патент на полезную модель № 65494 Российская Федерация, МПК C10G5/06 "Устройство для улавливания паров нефтепродуктов"/Данилов В.Ф. и др., заявитель и патентообладатель Ульяновское высшее военно-техническое училище им. Б. Хмельницкого.- №2006128755, опубликовано 10.08.07, подано 07. 08.06. Бюл. №13.

36. Патент 2083972 Российская Федерация, МПК G01N 21/00. Устройство индикации загрязнения сточных вод нефтепродуктами/Данилов В.Ф. и др., заявитель и патентообладатель Ульяновское высшее военно-техническое училище им. Б. Хмельницкого.- №95106866, опубликовано 10.07.97, подано 28.04.95

37. Патент 2083971 Российская Федерация, МПК G01N 21/00. Способ определения содержания нефтепродуктов в воде и устройство для его осуществления/ Данилов В.Ф. и др., заявитель и патентообладатель Ульяновское высшее военно-техническое училище им. Б. Хмельницкого.- №94038621, опубликовано 10.07.97, подано 14.10.94

38. Производство, товарный автомобильный бензин, компонентный состав, компаундирование, эксплуатационные свойства, присадка, добавка, октановое число, фракция. Отчет о НИР. – М.: 25 Гос НИИ МО РФ, 2003.
39. Сафонов А.С., Ушаков А.И. Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов.– СПб.: НПИКЦ, 2007.
40. Сафонов А.С., Ушаков А.И. и др. Зарубежные автомобильные масла. Справочное пособие. – СПб.: НПИКЦ, 1999.
41. Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Химия, 1989.
42. Топлива для транспортных двигателей / авт-сост. А.Н. Литвиненко, В.Ф. Данилов, В.В.Епанешников и др.; под ред А.Н. Литвиненко. - Елабуга, 2014. - 154 с.
43. Усин В.В., Улитко А.В. и др. Методы, способы и средства повышения экологической безопасности применения светлых нефтепродуктов на складах горючего и в ДВС. – Ульяновск: Межотраслевой территориальный центр научно-технической информации и пропаганды, 1992.

**Нормы расхода горючего для легковых автомобилей**

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
А. Легковые автомобили отечественные производства							
1	2111 Богдан (ВАЗ-21114)	4L	89	1,596	5М	8,1	Б
2	111730 "Калина"(ВАЗ-21114)	4L	81	1,596	5М	8,3	Б
3	111740 "Калина"(ВАЗ-11194)	4L	89	1,390	5М	7,8	Б
4	111830 "Калина"(ВАЗ-21124)	4L	90	1,596	5М	8,1	Б
5	21101(ВАЗ-21114)	4L	80	1,596	5М	8,0	Б
6	21102 (ВАЗ-21083)	4L	71	1,499	5М	7,6	Б
7	21114 (ВАЗ-21124)	4L	89	1,596	5М	8,1	Б
8	21124 (ВАЗ-21124)	4L	89	1,596	5М	7,7	Б
9	21150 (ВАЗ-21083)	4L	79	1,499	5М	7,7	Б
10	21213 (ВАЗ 21213)	4L	79	1,690	5М	11,0	Б
11	21230 Chevrolet Niva (ВАЗ-2123)	4L	80	1,690	5М	10,6	Б
12	217010 Приора (ВАЗ-21114)	4L	81	1,597	5М	7,8	Б
13	217030 Приора (ВАЗ-21126)	4L	98	1,597	5М	8,2	Б

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
14	Lada Granta 219060 1.6 (BA3-11183)	4L	82	1,596	5M	8,4	Б
15	Lada Granta 219020 1.6 (BA3-21126)	4L	98	1,597	4A	9,7	Б
16	Lada Largus 1.6 (RS015L) (7 мест) (Renault K7M)	4L	87	1,598	5M	10,8	Б
17	Lada Largus 1.6 (KS015L) (5 мест) (Renault K7M)	4L	87	1,598	5M	10,4	Б
18	Lada Vesta 1.6 (BA3-21129)	4L	106	1,596	5M	8,5	Б
19	Lada XRay 1.6 (BA3-21129)	4L	106	1,596	5M	8,6	Б
20	Lada XRay 1.6 (Renault H4M)	4L	110	1,598	5M	8,2	Б
21	GA3 3102 (3M3-4062)	4L	131	2,285	5M	12,3	Б
22	GA3 3102 (3M3-40620D)	4L	145	2,285	5M	11,3	Д
23	YA3 315148-053 Hunter (3M3-51430L)	4L	92,6	2,240	5M	11,6	Д
24	YA3 315195 Hunter(3M3-409040)	4L	128	2,693	5M	13,9	Б
25	YA3 3163-120 "Патриот" (3M3-40904)	4L	128	2,693	5M	13,8	Б
26	YA3-3163-10 Patriot (3M3-40905)	4L	128	2,693	5M	13,8	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
Б. Легковые машины зарубежного производства							
27	Audi A4 1.8	4L	163	1,781	5M	9,1	Б
28	Audi A4 1.8	4L	120	1,798	CVT	7,7	Б
29	Audi A4 1.8T quattro	4L	163	1,781	6M	9,3	Б
30	Audi A4 2.0	4L	131	1,984	5A	10,1	Б
31	Audi A4 2.0	4L	131	1,984	5 M	8,7	Б
32	Audi A4 2.0	4L	131	1,984	CVT	8,3	Б
33	Audi A6 1.8T	4L	150	1,781	5M	9,6	Б
34	Audi A6 2.0 FSI	4L	170	1,984	6M	8,9	Б
35	Audi A6 2.0 FSI quattro	4L	170	1,984	CVT	9,0	Б
36	Audi A8L 3.2	6V	260	3,123	CVT	10,3	Б
37	Audi A8L 3.2 FSI quattro	6V	260	3,123	6A	11,8	Б
38	Audi Q5 2.0 TFSI quattro	4L	211	1,984	7DSG	9,0	Б
39	Audi Q7 3.0	6V	272	2,995	8A	12,0	Б
40	Audi Q5 3.0 TDI quattro	6V	240	2,967	7DSG	7,8	Д
41	Audi Q7 3.6 quattro	6V	280	3,597	6A	14,1	Б
42	Audi Q7 4.2 quattro	8V	350	4,163	6A	14,9	Б
43	Audi Q7 4.2 TDI quattro	8V	340	4,134	8A	11,3	Д
44	Audi S6 5.2 quattro	10V	435	5,204	6A	17,1	Б
45	Audi S8 5.2 quattro	10V	450	5,204	6A	16,4	Б
46	BMW 320i	4L	150	1,995	6M	8,2	Б
47	BMW 520i	6L	170	2,171	6M	9,3	Б
48	BMW 520i	4L	170	1,995	6A	8,8	Б
49	BMW 530D	6L	235	2,993	6A	8,7	Д
50	BMW 730i A	6L	258	2,996	6A	11,6	Б
51	BMW 730LD	6L	245	2,993	6A	8,7	Д
52	BMW X5 3.0	6L	272	2,996	6A	12,6	Б

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
53	BMW X5 xDrive	8V	407	4,395	8А	15,0	Б
54	Citroen Berlingo 1.6	4L	90	1,587	5М	9,3	Б
55	Citroen Berlingo 1.6	4L	109	1,587	5М	8,7	Б
56	Citroen C4 1.6i	4L	110	1,587	5М	8,3	Б
57	Citroen C5 2.0	4L	143	1,997	4А	9,4	Б
58	Chevrolet Aveo 1.4	4L	101	1,399	5М	6,9	Б
59	Chevrolet Aveo 1.4	4L	101	1,399	4А	7,7	Б
60	Chevrolet Captiva 2.4 4WD	4L	136	2,405	5М	10,6	Б
61	Chevrolet Captiva 3.2 4WD	6V	230	3,195	5А	12,9	Б
62	Chevrolet Cruze 1.6	4L	109	1,598	5М	7,9	Б
63	Chevrolet Cruze 1.6	4L	109	1,598	6А	8,7	Б
64	Chevrolet Lacetti 1.4	4L	95	1,399	5М	7,7	Б
65	Chevrolet Lacetti 1.6	4L	109	1,598	4А	8,5	Б
66	Chevrolet Tahoe 5.3 4WD	8V	325	5,328	4А	17,2	Б
67	Chevrolet Tahoe 5.3 4WD	8V	325	5,328	6А	15,5	Б
68	Chevrolet Viva 1.8	4L	125	1,796	5М	8,6	Б
69	Chery A15 Amulet	4L	88	1,596	5М	7,7	Б
70	Chery Tiggo 1.8	4L	132	1,845	5М	8,9	Б
71	Daewoo Nexia 1.6	4L	109	1,598	5М	8,4	Б

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
72	Fiat Albea 1.4	4L	77	1,368	5M	7,5	Б
73	Fiat Linea 1.4 T	4L	120	1,368	6M	7,7	Б
74	Ford C Max 2.0	4L	145	1,999	5M	8,7	Б
75	Ford C-Max 2.0	4L	145	1,999	4A	9,2	Б
76	Ford Focus 1.6	4L	100	1,596	4A	8,3	Б
77	Ford Focus 1.6	4L	100	1,596	5M	7,8	Б
78	Ford Focus II 1.6	4L	100	1,596	5M	7,7	Б
79	Ford Focus III 1.6	4L	105	1,596	5M	7,2	Б
80	Ford Focus III 1.6	4L	125	1,596	6PS	7,6	Б
81	Ford Mondeo 2.0	4L	203	1,999	6PS	8,9	Б
82	Ford Mondeo 2.0 D	4L	130	1,997	6A	7,3	Д
83	Ford S-Max 2.5 T	5L	220	2,521	6M	10,3	Б
84	Great Wall Hover H3 2.0 4WD	4L	122	1,997	5M	11,7	Б
85	Great Wall Hover 2.4 4WD	4L	127	2,351	5M	11,6	Б
86	Honda Accord 2.0	4L	155	1,998	5M	8,7	Б
87	Honda Accord 2.0	4L	155	1,997	5A	9,3	Б
88	Honda Civic 1.8	4L	140	1,799	6M	7,9	Б
89	Honda Civic 1.8	4L	140	1,798	5A	8,5	Б
90	Honda CR-V 2.0 4WD	4L	150	1,997	6M	9,6	Б
91	Honda CR-V 2.4 4WD	4L	166	2,354	5A	10,6	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
92	Hyundai Accent 1.5	4L	102	1,495	5M	7,9	Б
93	Hyundai Elantra 1.6	4L	107	1,599	5M	8,1	Б
94	Hyundai i30 1.4	4L	109	1,396	5M	6,9	Б
95	Hyundai i30 1.6 GLS	4L	126	1,591	4A	8,3	Б
96	Hyundai IX55 3.8 4WD	6V	264	3,778	6A	14,2	Б
97	Hyundai Solaris 1.4	4L	107	1,396	4A	7,5	Б
98	Hyundai Solaris 1.6	4L	123	1,591	5M	7,4	Б
99	Hyundai Sonata 2.0	4L	137	1,997	4A	10,7	Б
101	Hyundai Sonata 2.0 MPI	4L	150	1,998	6A	9,0	Б
102	Hyundai Tucson 2.0 GL 2WD	4L	141	1,975	5M	9,0	Б
103	Hyundai Tucson 2.0 CRDI 4WD	4L	112	1,991	4A	9,3	Д
104	KIA Ceed 1.4	4L	109	1,396	5M	7,8	Б
105	KIA Ceed 1.6	4L	122	1,591	5M	8,0	Б
106	KIA Ceed 2,0	4L	143	1,975	4A	8,7	Б
107	KIA Rio 1.4	4L	97	1,399	5M	7,4	Б
108	KIA Rio 1.4	4L	97	1,399	4A	8,6	Б
109	KIA Rio 1.4 MPI	4L	107	1,396	5M	7,1	Б
110	KIA Sorento 2.4 4WD	4L	174	2,359	6A	10,9	Б
111	KIA Sorento 2.4 4WD	4L	174	2,359	6M	10,5	Б
112	KIA Sportage 2.0 4WD	4L	150	1,998	6A	10,3	Б
113	KIA Sportage 2.0 D 4WD	4L	112	1,991	4A	9,3	Д

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
114	Mazda 3 1.6	4L	105	1,598	4A	8,6	Б
115	Mazda 3 1.6	4L	105	1,598	5M	8,0	Б
116	Mazda 6 2.0	4L	147	1,999	6M	9,1	Б
117	Mazda CX-7 2.3 T 4WD	4L	238	2,261	6A	13,0	Б
118	Mercedes-Benz A150	4L	95	1,498	CVT	6,8	Б
119	Mercedes-Benz A170	4L	116	1,699	CVT	7,3	Б
120	Mercedes-Benz B170	4L	116	1,699	CVT	7,5	Б
121	Mercedes-Benz C180K	4L	156	1,796	5A	9,0	Б
122	Mercedes-Benz C180K	4L	156	1,796	6M	8,6	Б
123	Mercedes-Benz C200K	4L	184	1,796	5A	9,2	Б
124	Mercedes-Benz C200K	4L	184	1,796	6M	8,8	Б
125	Mercedes-Benz C200 CGI	4L	184	1,796	7A	8,3	Б
126	Mercedes-Benz E250 2.1CDI	4L	204	2,143	5A	7,9	Д
127	Mercedes-Benz E250 CGI	4L	204	1,796	7A	7,9	Б
128	Mercedes-Benz ML 350 4Matic	6V	272	3,498	7A	12,9	Б
129	Mercedes-Benz ML 500 4 Matic	8V	388	5,461	7A	14,6	Б
130	Mercedes-Benz R350 4Matic	6V	272	3,498	7A	12,9	Б
131	Mercedes-Benz S350 4Matic	6V	306	3,498	7A	11,4	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
132	Mercedes-Benz S600	12V	517	5,513	7А	15,7	Б
133	Lifan 620 Solano 1.6	4L	106	1,587	5М	8,2	Б
134	Lifan Breez 1.6	4L	106	1,587	5М	8,1	Б
135	Mitsubishi Lancer 1.5	4L	109	1,499	4А	8,5	Б
136	Mitsubishi Lancer 1.5	4L	109	1,499	5М	7,7	Б
137	Mitsubishi Outlander 2.0 XL 2WD	4L	147	1,998	CVT	8,6	Б
138	Mitsubishi Outlander 2,4 XL 4WD	4L	170	2,36	CVT	10,2	Б
139	Mitsubishi Pajero IV 3.0 4WD	6V	178	2,972	5А	13,2	Б
140	Mitsubishi Pajero Sport 2.5 TD 4WD	4L	99	2,477	5М	11,1	Д
141	Nissan Almera Classic 1.6	4L	107	1,596	5М	7,9	Б
142	Nissan Almera Classic 1.6	4L	107	1,596	4А	8,1	Б
143	Nissan Murano 3.5 4WD	6V	234	3,498	CVT	14,1	Б
144	Nissan Teana 3.5	6V	245	3,498	CVT	11,3	Б
145	Nissan Teana 3.5 Premium	6V	245	3,498	4А	12,8	Б
146	Nissan Tiida 1.6	4L	110	1,598	4А	8,3	Б
147	Nissan Tiida 1.6	4L	110	1,598	5М	7,5	Б
148	Nissan X-Trail 2.2 TD	4L	136	2,184	6М	8.3	Д
149	Nissan X-Trail 2.5 AWD	4L	165	2,448	5М	10,5	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
150	Nissan X-Trail 2.5 AWD	4L	169	2,488	6M	10,6	Б
151	Nissan X-Trail 2.5 AWD	4L	169	2,488	CVT	9,8	Б
152	Opel Astra 1.6	4L	115	1,598	5M	7,5	Б
153	Opel Astra 1.8	4L	140	1,796	5M	8,2	Б
154	Opel Insignia 1.6 T	4L	180	1,598	6M	8,9	Б
155	Opel Insignia 2.0 T	4L	220	1,998	6A	11,0	Б
156	Opel Meriva 1.4	4L	90	1,364	5M	7,4	Б
157	Opel Vectra 1.8	4L	140	1,796	5M	8,1	Б
158	Opel Vectra 1.8	4L	140	1,796	5A	8,4	Б
159	Opel Vectra 2.0 T	4L	175	1,998	6M	9,2	Б
160	Opel Zafira 1.9 TD	4L	100	1,91	6M	6,6	Д
162	Opel Zafira 1.6	4L	115	1,598	5M	8,4	Б
163	Opel Zafira 1.8	4L	140	1,796	5M	9,0	Б
164	Renault Clio Symbol 1.4	4L	98	1,39	4A	7,7	Б
165	Renault Clio Symbol EX 1.4	4L	98	1,39	5M	7,2	Б
166	Renault Duster 1.5 TD AWD	4L	90	1,461	6M	6,0	Д
167	Renault Duster 1.6 4WD	4L	102	1,598	6M	9,0	Б
168	Renault Fluence 1.6	4L	106	1,598	5M	7,6	Б
169	Renault Fluence 1.6	4L	106	1,598	4A	8,4	Б
170	Renault Koleos 2.5 4WD	4L	171	2,488	CVT	10,2	Б
171	Renault Logan 1.6	4L	84	1,598	5M	7,3	Б
172	Renault Logan 1.6	4L	103	1,598	4A	9,8	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
173	Renault Megane II 2.0	4L	135	1,998	4А	8,8	Б
174	Renault Megane II 2.0	4L	135	1,998	6М	8,5	Б
175	Renault Sandero 1.6	4L	102	1,598	5М	8,2	Б
176	Renault Symbol 1.4	4L	75	1,39	5М	7,8	Б
177	Land Rover Discovery III 4.4 4WD	8V	300	4,394	6А	17,7	Б
178	Land Rover Discovery IV 3.0 TD 4WD	6V	245	2,993	6А	11,9	Д
179	Range Rover 5.0	8V	510	4,99	6А	18,2	Б
180	Skoda Fabia 1.6	4L	105	1,598	6А	8,6	Б
181	Skoda Octavia 1.4	4L	75	1,390	5М	7,7	Б
182	Skoda Octavia 1.6	4L	102	1,595	6А	8,9	Б
183	Skoda Superb 1.8	4L	150	1,784	5А	9,7	Б
184	Skoda Superb 1.8 TFSI	4L	160	1,798	6М	8,6	Б
185	Skoda Yeti 1.8 TSI	4L	152	1,798	6DSG	9,0	Б
186	Ssang Yong Actyon 2.0 AWD	4L	149	1,998	6М	10,1	Б
187	Ssang Yong Actyon 2.0TD AWD	4L	141	1,998	5М	9,0	Д
188	Ssang Yong Kyron 2.3 4WD	4L	150	2,295	6А	13,5	Б
189	Ssang Yong Kyron 2.0 TD AWD	4L	141	1,998	5М	9,7	Д

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
190	Ssang Yong Rexton 2.7TD AWD	5L	165	2,696	5M	11,1	Д
191	Ssang Yong Rexton 3.2 AWD	6L	220	3,199	4A	15,5	Б
192	Suzuki Grand Vitara 2.0 4WD	4L	140	1,995	5M	10,0	Б
193	Toyota Avensis 1.8	4L	129	1,794	5M	8,4	Б
194	Toyota Avensis 1.8	4L	147	1,798	CVT	7,1	Б
195	Toyota Camry 2.4	4L	167	2,362	5M	8,9	Б
196	Toyota Camry 2.5	4L	181	2,494	6A	9,2	Б
197	Toyota Corolla 1.3	4L	101	1,329	6M	6,3	Б
198	Toyota Corolla 1.5	4L	110	1,496	4A	8,7	Б
199	Toyota Corolla 1.6	4L	124	1,596	5M	8,2	Б
200	Toyota Corolla 1.6	4L	124	1,598	5A	8,7	Б
201	Toyota Land Cruiser 100 4.2 TD	6L	204	4,163	5M	13,4	Д
202	Toyota Land Cruiser 100 4.5	6L	205	4,477	5M	16,5	Б
203	Toyota Land Cruiser 200 4.5 D	8V	235	4,461	6A	13,8	Д
204	Toyota Land Cruiser Prado 2.7	4L	163	2,693	4A	13,4	Б
205	Toyota Land Cruiser Prado 2.7	4L	163	2,694	5M	12,6	Б

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
206	Toyota Land Cruiser Prado 3.0 TD	4L	173	2,982	4А	11,2	Д
207	Toyota RAV-4 2.0 4WD	4L	152	1,998	5М	10,1	Б
208	Toyota RAV-4 2.0 4WD	4L	152	1,998	4А	10,6	Б
209	Toyota RAV-4 2.0 4WD	4L	158	1,987	CVT	8,5	Б
210	Amarok 2H 2.0 TDI	4L	122	1,968	6М	7,9	Д
211	Volkswagen Golf 1.6	4L	102	1,595	5М	7,8	Б
212	Volkswagen Golf 1.6	4L	102	1,595	6А	8,9	Б
213	Volkswagen Jetta 1.4 TFSI	4L	122	1,39	6М	7,6	Б
214	Volkswagen Jetta 1.4 TFSI	4L	122	1,39	7DSG	7,4	Б
215	Volkswagen Jetta 1.6	4L	105	1,598	5М	8,1	Б
216	Volkswagen Passat 1.8 T	4L	150	1,781	4А	12,2	Б
217	Volkswagen Passat 1.8 TSI	4L	152	1,798	7DSG	8,5	Б
218	Volkswagen Passat 1.8 TSI	4L	160	1,798	6А	9,2	Б
219	Volkswagen Chevrolet Tahoe 5.3	8V	325	5,328	6А	15,3	Б
220	Volkswagen Passat B6 2.0	4L	150	1,984	6А	9,1	Б
221	Volkswagen Passat B6 2.0	4L	150	1,984	6М	9,0	Б
222	Volkswagen Passat CC 1.8 TSI	4L	152	1,798	7DSG	9,0	Б

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
223	Volkswagen Volkswagen Passat CC 2.0 TSI	4L	200	1,984	6M	8,9	Б
224	Volkswagen Passat CC 2.0 TSI	4L	200	1,984	6A	9,6	Б
225	Volkswagen Tiguan 2.0 TDI 4WD	4L	140	1,968	6A	8,8	Д
226	Volkswagen Tiguan 2.0 TSI 4WD	4L	170	1,984	6A	10,9	Б
227	Volkswagen Touareg 3.0 TDI 4WD	6V	240	2,967	8A	8,9	Д
228	Volkswagen Touareg 3.6 FSI 4WD	6V	249	3,597	8A	12,2	Б
229	Volkswagen Touareg 4.2 FSI 4Motion	8V	350	4,163	6A	15,6	Б
230	Volkswagen Touareg 5.0 TDI 4WD	10V	313	4,912	6A	15,5	Д
231	S60 2.4	5L	140	2,435	5M	9,6	Б
232	Volvo XC-60 2.0 T5	4L	240	1,999	6PS	10,0	Б
233	Volvo XC-90 2.4 TD AWD	5L	185	2,401	6A	10,4	Д
234	Volvo XC-60 2.4 TD AWD	5L	205	2,401	6A	9,1	Д
235	Vortex Tingo 1.8	4L	132	1,845	5M	9,0	Б
236	Kia Optima 2.4	4L	180	2,359	6A	9,9	Б
237	Mazda CX-5 2.0 4WD	4L	165	1,997	6A	8,5	Б
238	KIA Sportage 2.0TD 4WD	4L	184	1,995	6A	8,3	Д

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КПП	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	Топливо
239	KIA Sportage 2.0TD 4WD	4L	184	1,995	6M	7,5	Д
240	Nissan Juke 1.6T 4WD	4L	190	1,618	CVT	9,4	Б
241	Opel Corsa 1.4	4L	90	1,364	4A	8,0	Б

*Примечание:*

*Условные обозначения:*

4L - число и расположение цилиндров (L-рядное, V-образное, O-оппозитное); 1,45 - рабочий объем двигателя, л; 71 - мощность двигателя, л.с.; 5M - количество передач (M - механическая; A - автоматическая коробка передач, CVT - бесступенчатая автоматическая, 7DSG – это семиступенчатая автоматическая роботизированная трансмиссия для переключения передач, 6PS – автоматическая 6-ступенчатая коробка передач с сухим двойным сцеплением и электронным управлением.). Условные обозначения: Б - бензин; Д - дизтопливо; СНГ - сжиженный нефтяной газ; СПГ - сжатый природный газ.

**Нормы расхода горючего для автобусов, грузовых автомобилей  
и специальных машин**

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КП П	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
<b>А. Нормы расхода горючего для автобусов</b>							
1	НефАЗ-5299 (гор. 114 мест) (КамАЗ-740.11)	8V	240	10,85	5М	37,1	Д
2	ГАЗ- 221710 "Соболь" (7 мест; Chrysler)	4L	133,3	2,429	5М	14,2	Б
3	ГАЗ- 3221(школьный 13 мест; УМЗ-4216)	4L	107	2,89	5М	13,0	Б
4	ГАЗ-4238-45 (школьный 34 места; Cummins 6ISBe4210B)	6L	210	5,88	6М	26,7	Д
5	НефАЗ-5299-10-15 (вед. 25 мест; КамАЗ-740.31)	8V	224	10,85	5М	33,8	Д
6	НефАЗ-5299-0000017-33 (м/г. 51 место; КамАЗ-740.62)	8V	280	11,76	6М	29,4	Д
7	НефАЗ-5299-10-15 (гор. 114 мест; КамАЗ-740.31)	8V	240	10,85	5М	39,0	Д
8	ПАЗ-3206-110-70 (школьный 26 мест; ЗМЗ-5234)	8V	130	4,67	4М	32,9	Б
9	Ford Transit 2.0 (12 мест)	4L	114	1,998	5М	13,5	Б

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и рас- положение цилиндров	Мощ- ность двигате- ля, л.с.	Рабо- чий объем, л	КП П	Базовая норма расхода топли- ва, л/100 км	топ- ливо
10	Ford Transit 2.4D (14 мест)	4L	90	2,403	5М	11,5	Д
11	Mercedes-Benz 0814 (вед. 25 мест)	4L	136	4,0	5М	17,9	Д
12	Mercedes-Benz 308D (9 мест)	4L	79	2,299	5М	10,3	Д
13	Mercedes-Benz 601D (вед. 18 мест)	4L	98	3,972	6М	16,0	Д
14	Mercedes-Benz Turk 0325 (гор. 101 место)	6 V	216	10,964	6М	33,7	Д
15	Volkswagen Caravelle 2.5 (9 мест)	5L	110	2,461	4А	13,5	Б
16	Volkswagen Transporter LT 35 2.5TD (16 мест)	5L	109	2,461	5М	10,6	Д
17	Volkswagen Transporter T5 3.2 (8 мест)	6V	231	3,189	6А	14	Б
18	Fiat -Ducato 2.3TDI (19 мест)	4L	110	2,286	5М	11,3	Д
19	Fiat -Ducato 2.3TDI (9 мест)	4L	110	2,286	5М	10,7	Д
<b>Б. Нормы расхода горючего для грузовых автомобилей</b>							
1	ГАЗ-330202 (УМЗ-421640)	4L	107	2,89	5М	14,1	Б
2	ГАЗ-3308 "Сад- ко" (ЗМЗ-523100)	8V	113	4,67	5М	26,7	Б
3	ГАЗ-331043(Д- 245.7Е3)	4L	119	4,75	5М	17,5	Д
4	КамАЗ- 4350(КамАЗ- 740.31)	8V	240	10,85	5М	26,3	Д

№ п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и расположение цилиндров	Мощность двигателя, л.с.	Рабочий объем, л	КП П	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	топливо
5	КамАЗ-65117-62 (КамАЗ-740.62)	8V	280	11,76	10М	26,0	Д
6	МАЗ-631208-020-010 (ЯМЗ-7511.10)	8V	400	14,86	9М	25,4	Д
7	УРАЛ-43206-0031(ЯМЗ-236М2)	6V	180	11,15	5М	25,5	Д
8	Mercedes-Benz 2640 L Actros	6V	394	11,946	16М	23,8	Д
9	Ford -Cargo 2532DC	6L	320	8,974	9М	21,7	Д
10	Isuzu 27961E	4L	95	2,771	5М	10,9	Д
11	Mercedes-Benz-814D	6L	139	5,958	5М	18,1	Д
<b>Тягачи</b>							
12	КамАЗ-6460 (КамАЗ-740.50)	8V	360	11,76	16М	25,8	Д
13	КамАЗ-54115-15(КамАЗ-740.31)	8V	240	10,85	10М	24,6	Д
14	КамАЗ-65207(Daimler OM 457LA)	6L	401	11,97	16М	28	Д
15	Mercedes-Benz 3340 Actros	6L	394	11,946	16М	20,4	Д
16	Scania R 124 LA 400	6L	400	11,7	12М	16,0	Д
17	MAN -TGS 18.360 4x2 BLS	6L	360	10,518	12А	16,2	Д
18	Mercedes-Benz - Actros 3341AS	6V	408	11,946	16М	23,6	Д
19	Mercedes-Benz - Axor 1843LS	6L	428	11,947	9М	16,9	Д
21	Scania - R114GA4x2NA380	6L	380	10,64	14М	16,9	Д

N п/п	Модель, марка, модификация автомобиля	Число и рас- положение цилиндров	Мощ- ность двигате- ля, л.с.	Рабо- чий объем, л	КП П	Базовая норма расхода топли- ва, л/100 км	топ- ливо
22	Scania - R380LA4x2HNA	6L	380	10,64	14M	18,0	Д
23	Scania - R420CA6x6EHZ	6L	420	11,705	14M	20,8	Д
24	Volvo -FM 13.400 Truck 6x4	6L	400	12,78	16M	20,5	Д
25	Volvo -FM 13.400 TruckTractor 4x2	6L	400	12,78	16M	18,2	Д
26	Tatra -T815- 290N3T	8V	408	12,667	14M	29,4	Д
<b>Специальные машины</b>							
27	Автокран МКТ- 25.1 (ш.КамАЗ-65115; КамАЗ-740.62)	8V	280	11,76	10M	40,8	Д
28	Автомобиль по- жарный КамАЗ- 5662 СН АА 13/60 (КамАЗ- 740.63)	8V	400	11,76	8M	44,5	Д
29	Автомобиль по- жарный КамАЗ- 4563 (Cummins 4ISBe210)	6L	210	6,692	6M	24,6	Д
30	Топливозаправ- щик АТЗ-56480А (ш.УРАЛ-5557; ЯМЗ-236)	6V	180	11,15	5M	29,8	Д

Учебник

Эксплуатационные материалы

Авторы составители:

Литвиненко Анатолий Николаевич  
Данилов Валерий Федорович  
Епанешников Владимир Владимирович

Отпечатано в Центре оперативной печати «АБАК»  
Печать ризографическая. Бумага ВХИ 80г/м<sup>2</sup>. Формат 60x84 1/16.  
Тираж 500, Заказ 475855

