

**Министерство образования Российской Федерации
Восточно-Сибирский государственный технологический университет**



Кафедра «Автомобили»
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
Учебное пособие

Составитель: Никифоров И.К.

Улан-Удэ 2003

ББК 31.353
Я 273
УДК 665.71 (075.8)

Печатается по решению редакционно-издательского совета Восточно-Сибирского
Государственного технологического университета

Рецензенты:

Кандидат хим. наук СИС СО АН РФ Г.И. Хантургаева

Кандидат хим. наук БИП СО РАН Ф.Э. Калинина

Изд-во ВСГТУ

Никифоров И.К.

Я 273 «Использование эксплуатационных материалов». Учебное
пособие.- У-У., Изд-во ВСГТУ, 2003.- 146 с.
ISBN 5-89230-170-2.

Данное пособие посвящено использованию топлив, масел, пластических смазок, технических жидкостей и других неметаллических материалов при эксплуатации автомобильного транспорта а также мер по их экономии. Пособие содержит наиболее полное исследование горюче-смазочных материалов и путей их экономии и рационального использования.

Для студентов, аспирантов и преподавателей автомобильного и машиностроительного направлений.

Ключевые слова: топливо, риформинг, химмотология, горюче-смазочные материалы, нефтепродукты, антифрикционные пластичные смазки, синтетический солидол, жировые солидолы, антифризы, консервационные жидкости, дизельное топливо, бензин.

ISBN 5-89230-170-2

ББК 31.353 Я 273

© Никифоров И.К., 2003

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях эксплуатации автотракторного парка требуются высококачественное топливо, марочные трансмиссионные и гидравлические масла, различные технические жидкости, пластичные смазки и т. п.

Знание теории и эксплуатационных свойств нефтепродуктов, приемов их рационального использования - важная составная часть общей подготовки инженеров-механиков, призванных обеспечить надежную и долговечную работу сельскохозяйственной техники и снизить издержки на эксплуатацию большого парка тракторов, автомобилей, комбайнов и других машин. При этом необходимо учитывать:

- резкоконтинентальный климат Восточной Сибири с суровой зимой;
- основная часть территории Бурятии составляет природоохранную зону оз.

Байкал, отнесенного к объектам мирового наследия.

В данном пособии наряду с материалами общетеоретического характера особое внимание уделено эксплуатационным свойствам и основам рационального использования топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в соответствии с Государственным образовательным стандартом при подготовке инженеров-механиков и с учетом национально-регионального компонента.

Химмотология. Понятие о нефти.

Дисциплина «Использование эксплуатационных материалов и экономия топливно-энергетических ресурсов» изучается в соответствии с учебным планом специальности 1505 «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Цель изучения данной дисциплины состоит в получении студентами знаний по организации рационального применения эксплуатационных материалов - топлив, масел, пластических смазок, технических жидкостей и других неметаллических материалов при эксплуатации автомобилей, а также мер по их экономии, что особенно важно в условиях повышенных цен, сокращения энергетических ресурсов и повышенных требований по части экологии.

В задачи дисциплины «ИЭМ и ЭТЭР» входят изучение основных сведений по производству и применению топлив, масел, пластических смазок, технических жидкостей и других неметаллических материалов, используемых на автомобильном транспорте, рассмотрение свойств и требований, предъявляемых к их качеству. Кроме того, в курсе рассматриваются вопросы, связанные с влиянием ГСМ на надежность, долговечность, экономичность работы двигателя и других агрегатов автомобилей, выявление особенностей и путей экономии ГСМ. В задачи курса входят также изучение рекомендаций по применению эксплуатационных материалов и их влияние на (экологию) окружающую среду.

Автомобильный транспорт потребляет значительную часть (60-70%) жидкого топлива. Поэтому проблема экономии ГСМ для АТ имеет острый, актуальный характер. Наряду с увеличением выпуска дизельных автомобилей, проведением работ по совершенствованию технического уровня выпускаемых бензиновых двигателей, созданию новых более экономичных двигателей, важное значение приобретает замена дефицитных видов топлива на более дешевое, перевод автомобилей на газовое топливо, повышение качества ГСМ и их экономия за счет рационального применения в процессе эксплуатации автомобилей.

В связи с повышением роли и значения ГСМ в экономике страны, когда проблемы их качества и рационального, экономного использования приобрели межотраслевое, глобальное значение как факторы увеличения надежности, долговечности и экономичности работы техники, возникла проблема научно обосновать применение ГСМ. Это привело к появлению на стыке ряда научных дисциплин новой прикладной отрасли науки, получившей название «химмотология» от слов «химия», «мотор» и

«логия» (наука). По одному из полных определений, химмотология - это направление науки и техники, занимающаяся изучением эксплуатационных свойств и качеств топлив, масел, смазок и специальных жидкостей, теорией и практикой их рационального использования в технике.

Химмотологию сегодня рассматривают как составную часть единой взаимосвязанной четырехзвенной системы: конструирование и изготовление техники - разработка и производство ГСМ - эксплуатация техники химмотология. С учетом эксплуатационных условий применения ГСМ на АТ эта система (двигатель - топливо - эксплуатационные материалы эксплуатация) может быть охарактеризована сложной взаимосвязью между ее звеньями.

Среди важнейших задач химмотологии стоят следующие: обоснование оптимальных требований к качеству ГСМ; усовершенствование технических характеристик двигателей и машин, повышающих надежность, долговечность и экономичность их работы в условиях применения ГСМ; которые удовлетворяют установленным оптимальным требованиям, создание новых сортов ГСМ и разработка основ их унификации; выявление оптимальных условий, обеспечивающих сохранность, снижение потерь и восстановление качества ГСМ; хранение, транспортирование, заправка; создание и внедрение квалификационных методов и их комплексов для оценки эксплуатационных свойств ГСМ и др.

Способы получения топлив и масел из нефти.

Нефть - основное сырье для производства топлив, масел и синтетических материалов (каучук, пластмассы и др. синтетические волокна).

Топлива и масла получают путем переработки нефти. Среди них - прямая перегонка, термический и каталитический крекинг, гидрокрекинг, а также риформинг.

С самого начала развития нефтеперерабатывающей промышленности до сегодняшнего дня получили распространение процессы прямой перегонки нефти. Качество нефтепродуктов, полученных методом прямой перегонки, зависит от качества нефти и групп углеводородов, входящих в состав ее фракций.

актуальный характер. Поэтому, наряду с увеличением выпуска дизельных автомобилей, проведением работ по совершенствованию технического уровня выпускаемых бензиновых двигателей, созданию новых более экономичных двигателей, важное значение приобретает замена дефицитных видов топлива на более дешевое, перевод автомобилей на газовое топливо, повышение качества ГСМ и их экономия за счет рационального применения в процессе эксплуатации автомобилей.

В связи с повышением роли и значения ГСМ в экономике страны, когда проблемы их качества и рационального, экономного использования приобрели межотраслевое, глобальное значение как факторы увеличения надежности, долговечности и экономичности работы техники, возникла проблемность иметь научную основу применения ГСМ. Это привело к появлению на стыке ряда научных дисциплин новой прикладной отрасли науки, получившей название «химмотология» от слов «химия», «мотор» и «логия» (наука). По одному из полных определений, химмотология - это направление науки и техники, занимающаяся изучением эксплуатационных свойств и качеств топлив, масел, смазок и специальных жидкостей, теорией и практикой их рационального использования в технике.

Химмотологию сегодня рассматривают как составную часть единой взаимосвязанной четырехзвенной системой: конструирование и изготовление техники - разработка и производство ГСМ - эксплуатация техники химмотология. С учетом эксплуатационных условий применения ГСМ на АТ эта система (двигатель - топливо - эксплуатационные материалы эксплуатация) может быть охарактеризована следующей сложной взаимосвязью между ее звеньями.

Среди важнейших на современном этапе задач химмотологии отличают следующие: обоснование оптимальных требований к качеству ГСМ; усовершенствование

технических характеристик двигателей и машин, повышающих надежность, долговечность и экономичность их работы в условиях применения ГСМ; которые удовлетворяют установленным оптимальным требованиям, создание новых сортов ГСМ и разработка основ их унификации; выявление оптимальных условий, обеспечивающих сохранность, снижение потерь и восстановление качества ГСМ; хранение, транспортирование, заправка; создание и внедрение квалификационных методов и их комплексов для оценки эксплуатационных свойств ГСМ и др.

Способы получения топлив и масел из нефти.

Нефть - основное сырье для производства топлив, масел и синтетических материалов (каучук, пластмассы и др. синтетических волоки).

Топлива и масла получают путем переработки нефти. Среди них - прямая перегонка, термический и каталитический крекинг, гидрокрекинг, а также риформинг.

С самого начала развития нефтеперерабатывающей промышленности до сегодняшнего дня получили распространение процессы прямой перегонки нефти. Качество нефтепродуктов, полученных методом прямой перегонки, зависит от качества нефти и групп углеводородов, входящих в состав ее фракций.

РАЗДЕЛ 1. ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВ

Глава 1. Виды, состав и свойства топлив

1.1. Классификация и общий состав топлив

По определению Д.И. Менделеева, «топливом называется горючее вещество, умышленно сжигаемое для получения теплоты». Топливо должно отвечать следующим основным требованиям: при сгорании выделять возможно большее количество теплоты, сравнительно легко загораться и развивать высокую температуру, быть широко распространенным в природе, доступным для разработки, дешевым при использовании, сохранять свои свойства во время хранения. Очень важно, чтобы в процессе сгорания топлива не выделялись вещества, представляющие опасность для окружающей среды.

Этим требованиям наиболее полно отвечают вещества органического происхождения: нефть, природные газы, ископаемые угли, дрова, горючие сланцы, торф. В таблице 1.1 дана общая классификация топлив.

Таблица 1.1. Общая классификация топлив

Агрегатное состояние	Происхождение топлива	
	Естественное	Искусственное
Жидкое	Нефть	Бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, спирт, бензол, смолы (каменноугольная, торфяная, сланцевая) и др.
Газообразное	Природный и нефтепромысловый	Генераторный, водяной, светильный, коксовый, полукоксовый, доменный, нефтеперерабатывающих заводов и др. газы
Твердое	Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, дрова	Каменноугольные кокс и полукокс брикетированное и пылевидное топливо, древесный уголь и др.

Топливо состоит из горючей и негорючей частей. Горючая часть топлива представляет собой совокупность различных органических соединений, в которые входят

углерод, водород, кислород, азот, сера. Не горючая часть (балласт) состоит из минеральных примесей включающих золу и влагу.

Углерод С - основная горючая часть топлива. С увеличением его содержания тепловая ценность топлива повышается. Для различных топлив содержание углерода составляет от 50 до 97 %. Водород Н является второй по значимости горючей составляющей топлива. Содержание водорода в топливе достигает 25%.

Однако, при сгорании водорода выделяется в четыре раза больше теплоты, чем при сгорании углерода.

Кислород О, входящий в состав топлива, не горит и не выделяет теплоты, поэтому является внутренним балластом топлива. Его содержание в зависимости от вида топлива колеблется в широких пределах (от 0,5 До 43 %).

Азот N не горит и так же, как кислород, является внутренним балластом топлива. Содержание его в жидком и твердом видах топлива не велико и составляет 0,5...1,5%.

Сера S, при сгорании которой выделяется определенное количество теплоты, является весьма нежелательной составной частью топлива, так как продукты его сгорания - сернистый SO₂ и серный SO₃- ангидриды вызывают сильную газовую или жидкостную коррозию металлических поверхностей. Содержание серы в твердом топливе колеблется от долей % до 8 %, а в нефти от 0,1 до 4 %.

Зола А представляет собой негорючий твердый компонент, количество которого определяют после полного сгорания топлива. Она является нежелательной и даже вредной примесью, так как в ее присутствии усиливаются абразивные износы, усложняется эксплуатация котельных установок и т.д. Топливо с высоким содержанием золы имеет низкую теплоту сгорания и воспламенения.

Влага W является весьма нежелательной примесью топлива, так как, отбирая часть теплоты на испарение, снижает теплоту и температуру сгорания топлива, усложняет эксплуатацию установок (особенно в зимнее время), способствует коррозии и т.д.

Минеральные примеси (золу и влагу) принято подразделять на внешние и внутренние. Первые попадают в топливо из окружающей среды при его добыче, транспортировке или хранениях, а вторые входят в его химический состав.

Топливо, которое поступает к потребителю в естественном состоянии, и содержит, кроме горючей части, золу и влагу, называется рабочим. Для определения сухой массы топлива его высушивают при температуре 105°С для удаления влаги.

Состав газообразных топлив весьма разнообразен: Горючая часть его включает водород Н, окись углерода СО, метан СН₄ и другие газообразные углеводороды (С_nН_m) с числом углеводородных атомов до 4 включительно.

Тепловую ценность газообразного топлива представляют метан и более тяжелые углеводороды. Окись углерода при сгорании выделяет незначительное количество тепла. Балластную часть газообразных топлив составляют негорючие газы, такие, как азот N, углекислый СО₂ и сернистый SO₂, кислород О и пары воды Н₂О.

1.2. Теплота сгорания топлива

Теплота сгорания топлива является его основной качественной характеристикой. Для характеристики различных видов топлив служит удельная теплота сгорания, которая представляет собой количество теплоты, выделяемое при полном сгорании единицы массы (кДж/кг).

Для газообразных топлив применяется показатель объемной теплоты сгорания, характеризующий количество теплоты, выделяемой при полном сгорании единицы объема (кДж/м³). Газообразное топливо оценивают также по молярной теплоте сгорания, то есть по количеству теплоты, выделяемой при полном сгорании одного моля газа (кДж/моль).

Теплоту сгорания жидкого и твердого топлива вычисляют по формуле Д.И.

Менделеева. Высшее удельное количество теплоты сгорания определяют по формуле:

$$Q_B = 339C + 1256H - 109(O - S) \quad (1.1.)$$

Низшее (рабочее) удельное количество теплоты сгорания топлива определяют по выражению:

$$Q_H = Q_B - 25(9H + W) \quad (1.2.)$$

В указанных формулах содержание химических элементов выражается в процентах.

Низшая, или рабочая, теплота сгорания Q_H - это теплота сгорания, получаемая в практических условиях. Вычитаемое $25(9H + W)$ представляет собой удельное количество теплоты, которое затрачивается на превращение в пар влаги, выделяющейся при сгорании топлива. Пар уносится с продуктами сгорания в атмосферу ($9H$ - число массовых частей воды, образующихся при сгорании одной массовой части водорода; H , W - содержание, в топливе соответственно водорода и воды, %). В приведенном выражении принято, что дымовые газы охлаждаются до $+20^\circ\text{C}$, оставаясь в газо- и парообразном состоянии. Значит, 1 кг пара при выносе в атмосферу будет забирать $2671 - (100 - 20) \cdot 2,0096 = 2512$ кДж/кг (2671 кДж/кг - количество теплоты, затрачиваемой на испарение 1 кг воды, $(100 - 20)$ - условный перепад температуры паров воды, $^\circ\text{C}$; 2,0096 кДж/кгград - теплоемкость паров воды).

Основной характеристикой газообразных топлив является объемная теплота сгорания (кДж/м³), которая определяется делением молярного количества теплоты сгорания на объем 1 киломоля газа. 1 киломоль любого газа при нормальных условиях (0°C и 760 мм.рт.ст) занимает объем 22,4 м³.

Высшее объемное количество теплоты сгорания газообразного топлива в расчете на сухую массу может быть определено по формуле:

$$Q_{CB} = 128(CO + H_2) + 399CH_4 + 639C_nH_m, \quad (1.3.)$$

а ее низшее объемное количество:

$$Q_{CH} = 128CO + 108H_2 + 356CH_4 + 589C_nH_m. \quad (1.4.)$$

Объемное количество теплоты сгорания рабочей массы газообразного топлива, содержащего водяные пары, вычисляют по формулам:

$$Q_{PB} = 0,805 - Q_{CB} / (0,805 + W), \quad (1.5.)$$

Или

$$Q_{PH} = 0,805 - Q_{CH} / (0,805 + W), \quad (1.6.)$$

где 0,805 - масса 1 м³ водяного пара, кг;

W - содержание влаги в м³ газа, кг.

Теплоту сгорания определяют также опытным путем, сжигая определенное количество топлива в специальных приборах (калориметрах). Теплоту сгорания оценивают по повышению температуры воды в калориметре.

Для сравнения топлив введено понятие «условное топливо». За единицу такого топлива принято топливо, которое при полном сгорании 1 кг или 1 м³ выделяет 29307,6 кДж. Чтобы перевести любое топливо в условное и потом сравнить его с другими, нужно теплоту сгорания данного топлива разделить на теплоту сгорания условного топлива. Полученное число представляет собой калорийный эквивалент данного топлива и показывает, во сколько раз реальное топливо выделяет больше или меньше теплоты по сравнению с условным (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Теплота сгорания и калорийные эквиваленты различных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, кДж/кг	Калорийный эквивалент
Условное топливо (донецкий каменный уголь)	29307	1,00
Антрацит	30230	1,03
Бурый уголь	14235	0449

Торф	13440	0,46
Дрова	12560	0,43
Нефть	41867	1,42
Мазут	41448	1,40

Для анализа топлива отбирают среднюю пробу в соответствии с требованиями специальных ГОСТов. У газообразного топлива среднюю пробу отбирают аспираторами.

Пробы жидкого топлива берут специальными пробоотборниками при его приеме, отпуске, хранении из резервуара или бочки, при работе транспорта из топливного бака и т.д. Среднюю пробу приготавливают путем смешивания индивидуальных проб, число которых зависит от объема, формы и числа емкостей. Например, для горизонтального резервуара среднюю пробу определяют из индивидуальных проб, взятых с трех уровней: верхнего- с глубины 200 мм от поверхности нефтепродукта (1 часть), среднего- из середины объема (3 части) и нижнего- на расстоянии 250...300 мм от дна резервуара (1 часть). Затем эти пробы сливают в одну емкость, хорошо перемешивают и отбирают среднюю пробу для исследования. Берут также пробу со дна резервуара для обнаружения воды. Уровень воды можно определить также, опуская в резервуар измерительную рейку, нижняя часть которой покрыта специальной водочувствительной пастой. По высоте растворения пасты судят об уровне воды в емкости.

1.3 Определение количества воздуха, необходимого для горения топлива

Горение это химический процесс соединения горючего вещества и окислителя. Практически горение представляет собой окисление топлива кислородом воздуха. В результате горения выделяется определенное количество тепловой энергии и резко повышается температура.

Характерной особенностью горения является высокая скорость протекания окислительных реакций, при которых выделяемая теплота не успевает рассеиваться. Горение сложный процесс, при котором химические реакции сопровождаются такими физическими процессами, как перемешивание топлива и воздуха, диффузия, теплообмен.

Различают, гомогенные, гетерогенные и взрывное горения. В первом случае топливо и окислитель находятся в газообразном состоянии, во втором вступающие в реакцию вещества находятся в различном агрегатном состоянии (например, в твердом или газообразном).

Процесс горения топлива может протекать как при недостатке, так и при избытке окислителя. Полное сгорание топлива происходит при стехнометрическом соотношении топлива, и окислителя, которые соответствуют химическим реакциям полного окисления горючих элементов.

Количество кислорода, теоретически необходимое для сгорания 1 кг твердого или жидкого топлива, состава C, H, S и O может быть подсчитано на основании уравнений реакций окисления (горения) элементов горючей массы топлива. Углерод реагирует с кислородом по уравнению $C+O_2=CO_2$ ($12+32 \rightarrow 44$), то есть для сгорания 1 кг углерода необходимо $32/12=2,67$ кг кислорода. Водород реагирует с кислородом в соответствии с уравнением $2H_2+O_2=2H_2O$ ($4+32 \rightarrow 36$). Значит, для сгорания 1 кг водорода необходимо $32/4=8$ кг кислорода.

Сера реагирует с кислородом по уравнению $S+C_2=SO_2$ ($32+32 \rightarrow 64$), то есть для сгорания 1 кг серы требуется $32/32=1$ кг кислорода. Значит, для полного сгорания 1кг топлива рассматриваемого элементного состава (в массовых процентах) потребуется кислорода (кг)

$$O = (2,67C+8H+S-O)/100 \quad (1.7)$$

Предполагается, что содержащийся в топливе кислород полностью затрачивается на горении. На практике при сжигании топлива подводится не чистый кислород, а воздух, в котором содержится лишь 23,2% кислорода по массе. В этом случае теоретически необходимое для полного сгорания 1кг топлива количество воздуха (кг) может быть определено по выражению:

$$L_{тв} = (2,67C+8H+8-O)/23,2 \quad (1.8)$$

В случае, когда количество воздуха определяют в объемных единицах, то выражение (1.8) нужно разделить на плотность воздуха, равную 1,293 при нормальных условиях. Тогда теоретически необходимое количество воздуха(m) выразится так:

$$L_{тв} = (2,67C+8H+8-O)/30 \quad (1.9)$$

Теоретически необходимое количество воздуха (m_3) для сжигания газообразного топлива можно определить по известному объемному составу (%)газа при объемном содержании кислорода в воздухе, равном 21%:

$$L_{тв} = [0,5(CO+H_2)+(n+m/4)C_nH_m-O_2]/21 \quad (1.10)$$

где n - число атомов углерода; m - число атомов водорода.

В реальных условиях невозможно добиться полного сгорания топлива при подаче теоретически необходимого количества воздуха. Поэтому в двигателях внутреннего сгорания подают несколько большее по сравнению с теоретической раскладкой количество воздуха. Действительное количество воздуха при сгорании топлива подсчитывают с учетом коэффициента избытка воздуха α

$$L_{дв} = L_{тв} \cdot \alpha \quad (1-11)$$

Коэффициентом избытка воздуха α называется отношение количества воздуха $L_{дв}$, действительно израсходованного на сгорание топлива, к количеству воздуха $L_{тв}$, теоретически необходимого для полного сгорания топлива. Значение коэффициента избытка воздуха зависит от вида топлива, условий сжигания и конструкции двигателя и может составлять 0,85...1,5.

Снижение подачи воздуха по сравнению с оптимальной приводит к повышенному расходу топлива за счет неполного его сгорания. При чрезмерном увеличении подачи воздуха процесс сгорания также будет не оптимальным из-за потерь тепла на нагрев избыточного воздуха и снижении температуры горения.

Температурой горения топлива называют температуру, которую приобретают газообразные продукты сгорания в результате действия теплоты, выделяемой в процессе горения. Практический интерес представляет действительная температура горения, которая ниже теоретической в связи с отдачей газами части тепла поверхности нагрева, а также из-за неполного сгорания самого топлива. Температуру горения измеряют при помощи различных приборов (термопары, пирометры и др.).

1.4 Определение продуктов сгорания топлива

Характер процесса горения можно определить по составу продуктов сгорания топлив. Наличие в продуктах сгорания окиси углерода CO и водорода H_2 указывает на неполное сгорание топлива. Анализируя состав продуктов сгорания, можно судить о характере процесса горения.

Для анализа продуктов сгорания разработаны различные методы и приборы. Широкое распространение получили химические газоанализаторы, которые позволяют в контролируемой пробе взятых продуктов сгорания топлива определить содержание углекислого газа CO_2 , кислорода O_2 и окиси углерода CO.

Принцип действия газоанализатора заключается в том; что взятая проба исследуемого газа объемом 100 мл последовательно пропускается через поглотители, заполненные соответствующими растворами. После каждого поглощения в том или ином сосуде по градуированной заборной бюретке измеряют объем оставшегося газа, и по соответствующему уменьшению объема определяют процентное содержание каждого

отдельного компонента.

Сначала определяют количество углекислого газа CO_2 по его поглощению раствором едкого кали KOH , затем кислорода O_2 в сосуде, заполненном щелочным раствором пирогаллола $\text{C}_6\text{H}_3(\text{PH})_3$ и, наконец, окиси углерода CO в сосуде с аммиачным раствором однохлористой меди CuCl .

Содержание азота в продуктах сгорания топлива определяют аналитически:

$$\text{N}_2 = 100 - (\text{CO}_2 + \text{O}_2 + \text{CO}) \quad (1.12)$$

Коэффициент избытка воздуха при неполном сгорании топлива определяют по формуле:

$$\alpha = 1 / [1 - 3,76(\text{O}_2 - 0,5\text{CO}) / \text{N}_2] \quad (1.13)$$

и полного сгорания топлива:

$$\alpha = 1 / [1 - 3,76\text{O}_2 / \text{N}_2] \quad (1.14)$$

Глава 2. Общие сведения о получении топлива и смазочных материалов из нефти

2.1 Химический состав нефти и его влияние на свойства нефтепродуктов

Нефть представляет собой сложную смесь различных соединений углерода с водородом. По элементному составу она содержит 83—87% углерода, 11...14% водорода, 0,1...1,2% кислорода, 0,02...1,7% азота и 0,01...5,5% серы. По внешнему виду нефть - маслянистая жидкость, от темно-коричневого до желтого цветов, плотностью 0,75...1,03 г/см.

Нефть имеет органическое происхождение. Исходными веществами для образования нефти послужили органические соединения, представляющие собой продукты распада растительных и животных организмов.

Основную массу вещества нефти составляют углеводороды 3-х главных групп: парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы) и ароматические (арены), которые как по количеству, так и по свойствам различаются для нефтей разного происхождения. В нефти содержатся также незначительные количества кислородных и азотистых соединений.

Парафиновые углеводороды. Общая эмпирическая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ объединяет газообразные углеводороды, начиная с метана CH_4 , жидкие, начиная с пентана C_5H_{12} , и твердые (Н- парафины), начиная с гексадекана $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$. Газообразные и твердые углеводороды способны растворяться в жидких, из которых, могут вновь выделяться газообразные (при повышении температуры или увеличения давления) и твердые (при понижении температуры).

Молекулы парафиновых углеводородов имеют неразветвленные цепи атомов углерода. Сами углеводороды носят название нормальных. Указанные, углеводороды устойчивы к реакциям окисления. Однако с повышением, температуры за 250...300°C окислительные процессы у Н- парафинов значительно интенсифицируются.

Кроме Н- парафинов, в нефтепродуктах находятся также изомерные углеводороды (И- парафины), которые имеют иное пространственное расположение атомов. И- парафины при умеренной температуре проявляют более высокую способность вступать в окислительные реакции, но с увеличением температуры эта способность замедляется, и в области высоких температур И- парафины оказываются более стойкими, чем Н- парафины. Для обеспечения мягкой работы дизельного двигателя важны Н- парафины, а для создания высоких противодетонационных свойств бензинов для карбюраторных двигателей важное значение имеют И- парафины. Парафиновые углеводороды имеют высокую температуру застывания, поэтому их присутствие в зимних сортах дизельных топлив и смазочных масел допускается в незначительных количествах.

Общее содержание парафиновых углеводородов в нефти и продуктах ее переработки составляет около 50...60%, причем наиболее высокое их содержание приходится на фракции, выкипающие до 150°C.

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

В легких топливных фракциях нефти содержатся моноциклические нафтеновые углеводороды, молекулы которых включают в себя по одному кольцу из пяти или шести атомов углерода. Общая эмпирическая формула моноцикланов C_nH_{2n} . Представители моноцикланов - циклопентан C_5H_{10} и циклогексан C_6H_{12} . У более сложных нафтенных углеводородов в молекулы входят, кроме циклического ядра, одна или несколько боковых цепей, представляющих собой радикалы парафиновых цепных углеводородов. Имея одно и то же число атомов в молекулах, нафтены могут содержать большое количество изомерных структур, которые различаются между собой расположением и строением боковых цепей.

Нафтеновые углеводороды в сравнении с парафиновыми при одинаковой молекулярной массе в области невысоких температур устойчивее к реакциям окисления, но несколько уступают *n*- алканам. При повышении температуры (около 400°C и выше) цикланы превосходят *n*- парафины по стойкости к окислительным реакциям и приближаются к *i*- парафинам.

Нафтеновые углеводороды обладают низкими температурами застывания, являются ценным компонентом зимних сортов топлив и масел. Хорошая устойчивость к окислению при высоких температурах делает эти углеводороды необходимой составной частью топлив для карбюраторных двигателей, улучшая их противодетонационные качества.

Содержание нафтенных углеводородов в нефти составляет 20...30% и может быть несколько большим.

Ароматические углеводороды (арены) имеют шестичленное циклическое ядро. Молекула ароматического углеводорода бензола имеет вид C_6H_6 .

В легкие фракции нефтей и нефтепродуктов входят моноциклические углеводороды с общей эмпирической формулой C_nH_{2n-6} , в составе которых одна или несколько боковых парафиновых цепей. Арены в зависимости от количества и расположения боковых цепей образуют изомерные соединения.

В более тяжелых фракциях наряду с вышеуказанными содержатся бициклические и полициклические ароматические углеводороды, в молекулы которых входят несколько взаимоконденсированных колец или же кольца, соединенные между собой промежуточными цепями. Ароматические углеводороды обладают высокой термической устойчивостью к реакциям окисления, но вступают в реакцию замещения с сохранением бензольного ядра. Ароматические углеводороды обладают большей вязкостью, плотностью и температурой кипения в сравнении с цикланами и алканами при той же молекулярной массе. С понижением температуры вязкость аренов резко возрастает, что отрицательно сказывается на свойствах смазочных материалов.

Ароматические углеводороды устойчивы к реакциям образования перекисей, что повышает противодетонационные свойства карбюраторных топлив. Арены вызывают увеличение периода задержки самовоспламенения дизельного топлива, что способствует жесткой работе дизельного двигателя.

В нефти содержание ароматических углеводородов составляет 10...30%. Количество ароматических углеводородов возрастает по мере повышения температуры кипения отдельных фракций нефти, доходя до 30...35% во фракциях с температурой 250...300°C.

В процессе термической переработки нефти образуются также непредельные углеводороды, которые характеризуются наличием двойных или тройных связей между

углеродными атомами. Наиболее часто встречаются в нефтепродуктах олефиновые углеводороды (алкены) со структурной формулой C_nH_{2n} с одной двойной связью (например, этилен C_2H_4). Распространены также и диолефиновые углеводороды (алкадиены) со структурной формулой C_nH_{2n-2} , которые имеют две двойные связи (бутадиен C_4H_6).

Наличие двойных связей в молекулах алкенов и алкадиенов способствует их повышенной химической активности. Они легко окисляются и имеют склонность к реакциям присоединения и уплотнения (полимеризации). Чем больше число двойных связей в молекуле и выше температура, тем интенсивнее протекает процесс окисления. В результате полимеризации образуются высокомолекулярные смолисто-асфальтовые вещества, из-за чего непредельные углеводороды в большинстве случаев нежелательны для моторного топлива и смазочных масел. Малая стабильность непредельных углеводородов является следствием смолообразования в топливе при хранении, особенно в крекинг-бензинах.

Органические кислоты - это соединения, содержащие кислород. Основными органическими кислотами, содержащимися в нефти и нефтепродуктах, являются нафтеновые кислоты, относящиеся к карбоновым кислотам. Нафтеновые кислоты не вызывают коррозию черных металлов, но с цветными металлами (особенно с цинком и свинцом) взаимодействует интенсивно, образуя соли.

В результате окислительных процессов в нефтепродуктах образуются также оксикислоты, в молекулах которых, кроме карбоксильной, присутствует гидроксильная группа OH.

Смолисто-асфальтовые вещества являются сложными соединениями углерода, водорода, кислорода, иногда серы. Они подразделяются на нефтяные смолы, асфальгены, карбены и карбоиды и кислые нефтяные смолы.

Нейтральные смолы - это полужидкие тягучие вещества, темно-желтого или коричневого цветов, обладающие сильной окрашивающей способностью. Плотность около $1,0 \text{ г/см}^3$. Элементный состав 80...85 % C, 10% H, 5...10% O. Смолы легко растворяются в нефтепродуктах.

Асфальгены представляют собой темно-бурые или черные твердые вещества, также обладающие сильной окрашивающей способностью. Плотность их более 1 г/см^3 . В асфальгенах по сравнению со смолами несколько больше содержится углерода и меньше водорода. Они растворяются в тяжелых фракциях нефти (масляных) и нефтяных смолах, образуя коллоидные растворы. Асфальгены при нагревании выше 300°C разлагаются.

Карбены и карбоиды, образующиеся из асфальгенов, по мере их уплотнения имеют более темный цвет. Они трудно растворимы.

Кислые нефтяные смолы (асфальгеновые кислоты и их ангидриды) - это полутвердые или твердые вещества с плотностью более 1 г/см^3 нерастворимые в бензине. Они образуются в результате окислительной полимеризации и конденсации продуктов окисления углеводородов (кислот, оксикислот и т.п.).

Сернистые соединения образуются на основе серы, содержащейся в нефти и нефтепродуктах, могут быть в свободном или связанном видах. По влиянию на металлы сернистые соединения подразделяются на две группы: активные, непосредственно вступающие в реакцию с металлами (сероводород H_2S , сера S, различные меркаптаны), и нейтральные, которые не действуют на металл (сульфиды).

Наличие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается. Для топлив все сернистые соединения весьма нежелательны, так как в процессе сгорания образуются сернистый и серный газы, при растворении которых в воде образуются кислоты, вызывающие интенсивную коррозию деталей двигателя.

Азотистые соединения содержатся в нефти в незначительном количестве (до 0,3%) и практически могут быть удалены при очистке нефтепродуктов. Кроме рассмотренных соединений, в нефти содержатся минеральные примеси (обычно в виде

различных солей нафтеновых кислот) и вода, которые легко удаляются при отстаивании.

2.2 Получение топлива и смазочных масел для двигателей внутреннего сгорания

Жидкое топливо производится преимущественно двумя способами: физическим и химическим. Первый протекает без нарушения структуры углеводородов, второй - с изменением ее.

Физический способ или прямая перегонка нефти представляет собой процесс разделения ее на отдельные фракции, отличающиеся температурой кипения. Для этого нефть нагревают в нефтеперегонных установках до температуры 300...380°C, а образовавшиеся пары отбирают и конденсируют по частям в колонках. В результате перегонки получают топливные дистилляты и остаток, называемый мазутом, который может быть использован для химической переработки или получения смазочных масел. Легкокипящие фракции в паровой фазе достигают верха колонны и вместе с испарившимся оросителем отводятся из колонны в конденсатор - газоотделитель. Более тяжелые топливные фракции отводятся из колонны через холодильники и отбирают дистилляты: бензиновый - 40...200°C, керосиновый - 140...300°C, газойлевый - 230...330°C, соляровый - 280...380°C и в остатке мазут.

Из мазута на перегонных установках аналогичным способом получают смазочные масла. Чтобы не произошло расщепление масляных углеводородов, их нагрев и испарение ведут в вакуумных трубчатых печах с применением перегретого пара. Это позволяет снизить температуру кипения углеводородов и избежать их расщепления. При разгонке мазута на ректификационной колонне из более легкокипящих фракций получают маловязкие смазочные масла - легкие индустриальные, из высококипящих получают средние и тяжелые масла - индустриальные, машинные, моторные, цилиндровые и др. Эти масла называют дистиллятными.

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

Деструктивный (химический) способ переработки нефти позволяет получать из более тяжелых высокомолекулярных фракций светлые нефтепродукты и тем самым существенно повысить выход светлых топлив (в частности, бензинов). Расщепление углеводородов с высокой молекулярной массой на углеводороды с меньшей молекулярной массой получило название крекинг - процесса. Принципиальная схема его такова:



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

Основными факторами термического крекинга являются температура, давление, время процесса и состав сырья. При нагреве до 400°C для получения 30% бензина из мазута необходимо около 12 часов, при нагревании до 500°C время процесса составляет лишь 30 секунд. Лучшим сырьем для крекинг-процесса являются высокомолекулярные Н - парафины. Непредельные углеводороды обладают большей стойкостью к реакциям расщепления. При крекинге нафтеновых углеводородов происходит отщепление и расщепление боковых цепей, крекинг ароматических углеводородов сопровождается разрывом колец.

В состав крекинг - бензинов входит большое количество непредельных углеводородов, а в бензинах прямой перегонки их почти нет. Поэтому крекинг-бензины нестойки при хранении. Для повышения стабильности в них добавляют специальные вещества -антиокислители, называемые стабилизаторами в сотых или тысячных долях

процента.

Если крекинг-процесс осуществляется при давлении 2...5 МПа и температуре 480...500°C, он называется жидкофазным крекингом, а при давлении 0,2...0,6 МПа и температуре 520...550°C и выше - парофазным. При последнем бензины более насыщены непредельными углеводородами, и выход топлива ниже по сравнению с жидкофазным.

При каталитическом крекинге часть образующихся непредельных углеводородов превращается в предельные, а часть, в свою очередь переходят в изомерную форму. Вследствие этого качество бензинов каталитического крекинга более высокое. В качестве катализатора используют алюмосиликаты и другие вещества.

При каталитическом крекинге выход автомобильных бензинов составляет около 40...50%, фракции дизельного топлива -30...40%, в то время как при прямой перегонке выход бензинов составляет лишь 9...12% редко 20%.

К разновидностям крекинг-процесса относятся: риформинг, применяемый для улучшения качества нефтепродуктов путем понижения молекулярной массы углеводородов; деструктивная гидрогенизация - процесс, протекающий в присутствии водорода и катализатора при давлении 20...30 МПа, в результате чего происходит насыщение водородом продуктов расщепления; пиролиз, протекающий при температуре около 700°C с образованием ароматических углеводородов; гидроформинг, при котором происходит высокая ароматизация углеводородов (этот процесс протекает при температуре 480...530°C, давлении 2...3 МПа в присутствии водорода и катализатора - оксидов молибдена, ванадия, хрома, нанесенных на оксиды алюминия, магния или другого вещества, при этом получают бензины высокого качества).

Для современных машин требуются масла более высокого качества, чем масла, полученные путем перегонки нефтяного мазута. К ним относятся

синтетические масла, содержащие преимущественно парафиновые углеводороды.

Наиболее широкое распространение получили полисилокса - новые масла, которые называют также силиконами. Они представляют собой полимерные кремнийорганические соединения. Они обладают устойчивостью к воздействию высоких температур, низкой температурой застывания и хорошими антикоррозионными свойствами, мало изменяют вязкость при колебаниях температуры. Смазывающая способность у них несколько хуже, чем нефтяных масел. Улучшить это качество можно добавлением соответствующих присадок.

Другой группой синтетических масел являются полиалкилгликоли, представляющие собой продукты конденсации двухатомных спиртов. Эти масла не образуют отложений на нагретых деталях, обладают хорошей смазывающей способностью и вязкостными свойствами, а также низкой температурой застывания (до -65 С). Из-за высокой стоимости такие масла не получили широкого распространения.

Для работы в агрессивных средах, а также в условиях высоких температур изготавливают фторуглеродные и хлоруглеродные масла. Недостаток их - резкое повышение вязкости при понижении температуры. Их используют при изготовлении специальных пластичных смазок и жидкостей для гидросистем.

2.3 Очистка топливных фракций

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

Существуют химические и физические методы очистки. В первом случае нежелательные соединения топлива вступают в химические реакции с реагентом, во втором - топливо очищают путем растворения нежелательных соединений или их адсорбции на поверхностно-активных веществах.

К химическим способам относятся очистка сернокислотная, щелочная, плюмбитами и хлоридами металлов, гидрогенизационная и т.д., к физическим - очистка селективными растворителями и различными адсорбентами.

Очистка топлива серной кислотой заключается в растворении различных

сернистых соединений. Данный раствор называют кислым гудроном. При этом серная кислота не вступает в реакцию с парафиновыми, ароматическими и нафтеновыми углеводородами. Топливо термического крекинга с большим содержанием непредельных углеводородов очищают плумбитами и хлоридами металлов, так как при очистке серной кислотой непредельные углеводороды вступают с ней в реакцию.

После такой очистки для удаления органических кислот, кислых эфиров, сульфокислот и остатков кислого гудрона очищаемое топливо обрабатывают водным раствором щелочи NaOH. Образующиеся при этом соли находятся в водном растворе щелочи, который отстаивают и сливают. Для полного удаления остатков солей топливо промывают водой и отстаивают.

Гидрогенизационная очистка является наиболее эффективным способом очистки от сернистых соединений и других вредных примесей. Очистку

проводят в присутствии водорода и катализаторов (смеси оксидов хрома и молибдена, кобальта и молибдена) при давлении 1...4 МПа и температуре 375...415°C. Сернистые соединения в этих условиях под воздействием водорода переходят в газообразные продукты, которые легко удаляются. Например, при очистке дизельного топлива с содержанием сернистых соединений 1...1,3% выход товарного топлива составляет 97...98% с содержанием сернистых соединений 0,02...0,06%.

Очистка отбеливающими землями (адсорбентами) основан на явлении адсорбции, т.е. избирательном поглощении определенных соединений, находящихся в очищаемом продукте. Адсорбентами служат алюмосиликаты. Их применяют при очистке бензинов термического крекинга от непредельных углеводородов. Пары топлива пропускают через определенный слой отбеливающей земли. Расход адсорбента составляет 1...2% от массы топлива.

2.4 Очистка масляных фракций

Масляные дистилляты после перегонки мазутов, содержат целый ряд нежелательных веществ, таких, как смолисто - асфальтовые, органические кислоты, легко окисляющиеся и полимеризирующиеся непредельные углеводороды и т.п., резко снижающие качество смазочных масел. Наиболее широко применяются следующие способы очистки масляных дистиллятов: кислотнo-щелочная, кислотнo-контактная, селективная, а также деасфальтизация и депарафинизация.

При кислотнo-щелочной очистке смолистые вещества масляного дистиллята, взаимодействуя с серной кислотой, частично растворяются, частично уплотняются с образованием: асфальгенов, которые переходят в кислый гудрон. После отстаивания и отделения кислого гудрона масло обрабатывают водным раствором щелочи NaOH. При этом нейтрализуются органические кислоты и остатки серной кислоты. Затем масло промывают водой для растворения и удаления солей. Далее, масло просушивают горячим воздухом.

Кислотнo-контактная очистка отбеливающими глинами заключается в том, что после очистки масла серной кислотой оно проходит контактную очистку отбеливающими глинами. При этом из масла адсорбируются нежелательные полярно - активные соединения, в том числе органические и сульфокислоты, остатки серной кислоты, кислого гудрона и т.д.

Очистка отбеливающими глинами может быть контактной и перколяционной. В первом случае глину непосредственно перемешивают с очищаемым маслом, во втором - масло пропускают через слой гранулированного адсорбента при температуре 20...100°C (в зависимости от вязкости). В качестве отбеливающих глин применяют природные - гумбрин и другие, и искусственные силикагель. Количество адсорбента при очистке составляет 2...5% от массы очищаемого материала.

Селективная очистка заключается в обработке масла селективными (избирательными) растворителями, которые растворяют нежелательные элементы и не воздействуют на основные углеводороды. При последующем отстаивании смесь

расслаивается на рафинатную часть (очищенное масло) и на

/£

экстрактную (смесь растворителя и вредных примесей). Экстрактную часть перегоняют, отогнанный растворитель может быть использован повторно.

На качество очистки оказывают большое влияние температура и количество взятого растворителя. Растворителями служат фурфурол (150...400% от массы очищаемого масла), фенол (100...200%), нитробензол, технический пропан и др., процесс проводят при температуре 50...120°C.

Деасфальтизация применяется для дистиллятных масел с высоким содержанием смолисто - асфальтовых веществ. При деасфальтизации используют специальные растворители, в частности жидкий пропан. Под действием растворителя смолисто асфальтовые вещества переходят в осадок, который после отстоя удаляют. Деасфальтизацию проводят при давлении 2,5...4,0 МПа и температуре 60...85°C. Соотношение пропана и очищаемого масла составляет от 5:1 до 10:1 по объему. После деасфальтизации и масляный дистиллят поступает на основную очистку.

Депарафинизация проводится для масляных дистиллятов, получаемых из парафиновых нефтей. Из масла удаляются углеводороды, склонные к кристаллизации при понижении температуры. Процесс основан на том, что парафины и церезины значительно хуже растворяются в ряде легких растворителей, чем основные углеводороды масла, особенно при низкой температуре.

Очищаемое масло смешивают с растворителем (метилэтил-кетон, ацетон с бензолом, дихлорэтан с бензином и др.)- Полученную смесь нагревают до температуры на 15...20°C, превышающей температуру полного растворения парафинов и церезинов в смеси. Раствор постепенно охлаждают и на высокооборотных центрифугах или специальных фильтрах разделяют на депарафиновое масло и петролятум (смесь растворителя и твердых углеводородов). Данная операция является завершающей частью процесса очистки масла.

Глава 3. Эксплуатационные свойства и использование топлива для карбюраторных двигателей

3.1 Требования, предъявляемые к карбюраторному топливу

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) представляют собой устройства, в которых химическая энергия топлива при сгорании преобразуется вначале в тепловую энергию, а затем с помощью кривошипно-шатунного механизма в механическую работу. КПД ДВС составляет 20...42%.

Работы по повышению экономичности поршневых ДВС проводятся в направлении усовершенствования двигателей и режима их эксплуатации, изыскании новых видов топлива.

Технико-экономические показатели двигателя во многом зависят от качества используемого топлива. Для обеспечения надежной, экономичной и долговечной работы двигателей топливо должно отвечать следующим требованиям:

- иметь высокую теплоту сгорания;
- обладать хорошими смесеобразующими свойствами, обуславливающими легкий пуск двигателя, плавный переход с одного режима работы на другой и устойчивую работу двигателя при эксплуатации в различных климатических условиях.
- не детонировать при всех эксплуатационных режимах;
- не образовывать нагароотложений, приводящих к перегреву и повышению износа деталей двигателя;

- не вызывать коррозии деталей как при непосредственном контакте с ними, так и от образующихся продуктов сгорания;
- быть стабильным при транспортировке и хранении, т.е. не изменять своих первоначальных свойств;
- иметь низкую температуру застывания;
- не оказывать вредного воздействия на человека и окружающую среду.

Чтобы соответствовать этим требованиям, карбюраторное топливо должно иметь определенные углеводородный и фракционный составы и высокую испаряемость, от которых прежде всего зависит качество смесеобразования, а также противодетонационные свойства. Оптимальное протекание процессов смесеобразования и сгорания топлива в двигателе зависит от качества применяемого топлива и совершенства системы питания.

Рабочий процесс в четырехтактном карбюраторном двигателе осуществляется так. В первом такте - такте всасывания, при котором поршень движется от верхней мертвой точки (ВМТ) к нижней (НМТ) впускной клапан открыт, а выпускной закрыт, - в смесеобразующей камере создается разрежение. Вследствие этого воздух поступает из воздухоочистителя в смесеобразующую камеру карбюратора и захватывает топливо из главного жиклера, топливо перемешивается в впускном трубопроводе с движущимся воздухом и испаряется, образуя топливовоздушную смесь. Последняя поступает в камеру сгорания двигателя, где дополнительно смешивается с остатками продуктов сгорания топлива от предыдущего цикла. Получается рабочая смесь. При втором такте, такте сжатия, когда поршень движется с НМТ к ВМТ, рабочая смесь дополнительно перемешивается, сжимается, и остатки топлива, находящиеся в жидкой фазе, испаряются.

В зависимости от степени сжатия давление в камере сгорания повышается до 1...1,2 МПа, температура смеси возрастает до 260...370°С. При третьем такте, такте рабочего хода, приготовленная смесь воспламеняется от искры свечи зажигания. Выделившаяся при сгорании смеси тепловая энергия преобразуется в механическую с помощью кривошипно-шатунного механизма. При последнем, четвертом такте, такте выпуска продукты сгорания топлива удаляются из цилиндра и камеры сгорания в атмосферу. Затем процесс повторяется.

3.2 Теплота сгорания топливовоздушной смеси

Количество теплоты, выделяемое при сгорании топливовоздушной смеси, зависит от теплоты сгорания топлива и состава смеси.

Теплоту сгорания топливовоздушной смеси подсчитывают по формуле:

$$Q_{ТВС} = Q_{нТ} / (1 + \alpha L_{ТВ})$$

где $Q_{н}$ - низшая, или рабочая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$\eta_{Т}$ - коэффициент полноты сгорания топлива;

α - коэффициент избытка воздуха;

$L_{ТВ}$ - теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, кг.

В таблице 3.1 приведена теплота сгорания нормальной топливо-воздушной смеси (ТВС) различных типов топлива.

Таблица 3.1

Теплота сгорания различных видов топлива и топливовоздушных смесей

Топливо	Теплота сгорания, кДж/кг		Расчетное кол. воздуха, кг/кг
	Топлива	ТВС	
Бензин:			
- авиационный;	44380	2788	14,9
- автомобильный	43961	2780	14,8
Керосин	42915	2767	14,5
Дизельное	42705	2771	14,4
Этиловый спирт	25968	2763	8,4
Бензол	39356	2771	13,2

Воспламенение ТВС зависит от ее состава и вида топлива. Например, верхний предел воспламеняемости бензиновоздушной смеси наступает при $\alpha=0,45 - 0,50$, нижний - при $\alpha=1,35 - 1,40$. На воспламеняемость смеси оказывают влияние температура и давление. С возрастанием их значений пределы воспламеняемости увеличиваются.

В обычных условиях двигателя эксплуатируют на слегка обедненной ТВС ($\alpha=1,05 - 1,15$), что обеспечивает наиболее экономичный режим. Если требуется большая мощность, то прибегают к некоторой переобогащенной смеси ($\alpha= 0,9 - 0,95$). В данном случае топливо не полностью сгорает (неэкономичный режим).

Полнота сгорания топлива зависит от скорости распространения фронта пламени. Эта скорость возрастает с повышением давления, температуры рабочей смеси, частоты вращения коленчатого вала и т.д. Наиболее благоприятный состав рабочей смеси при $\alpha = 0,93 - 0,95$. При более обогащенной или обедненной смеси скорость распространения фронта пламени значительно снижается.

3.3 Смесеобразующие свойства топлива

Надежное и качественное образование горючей смеси во многом определяет полное сгорание топлива и в целом экономичную работу двигателя. Качество смеси зависит от конструкции карбюратора и топливоподающей системы и от физико-химических свойств применяемого топлива, основными из которых являются испаряемость топлива и давление насыщенных паров. Под испаряемостью понимают свойство топлива переходить из жидкого в газообразное состояние.

В двигателях топливо сгорает, находясь только в газообразном состоянии.

Этому процессу должны предшествовать полное испарение жидкого топлива и хорошее перемешивание образовавшихся паров с воздухом. Неиспарившаяся часть топлива (в виде жидкой фазы) не сгорает, что ведет к перерасходу топлива, а также разжижает моторное масло. Последнее обуславливает повышенный износ деталей двигателя.

Полнота испарения топлива возрастает при повышении скорости движения воздуха и температуры испарения. Эта температура зависит от начальной температуры поступающего воздуха и от скрытой теплоты испарения топлива. С увеличением молекулярной массы углеводородов в топливе повышаются его плотность и температура кипения, а испаряемость ухудшается.

Испарение различают статическое, примером которого является испарение топлива из резервуаров при его хранении, и динамическое, которое происходит в условиях относительного перемешивания жидкого топлива и воздуха. Последнее имеет

место в карбюраторе при образовании топливоздушнной смеси. Испаряемость топлива оценивается его фракционным составом, который характеризуется температурными пределами выкипания отдельных частей топлива (фракции).

Фракционный состав определяют по ГОСТ 2177-82 перегонкой его на специальном приборе (рис. 3.1). Для этого в колбу 1 наливают 100 мл исследуемого топлива и нагревают до кипения. Температуру паров топлива фиксируют с помощью термометра 2. Пары топлива поступают в холодильник 3, где конденсируются и далее в виде жидкой фазы поступают в мерный сосуд 4. Температура, при которой происходит падение первой капли, условно считают температурой начала кипения.

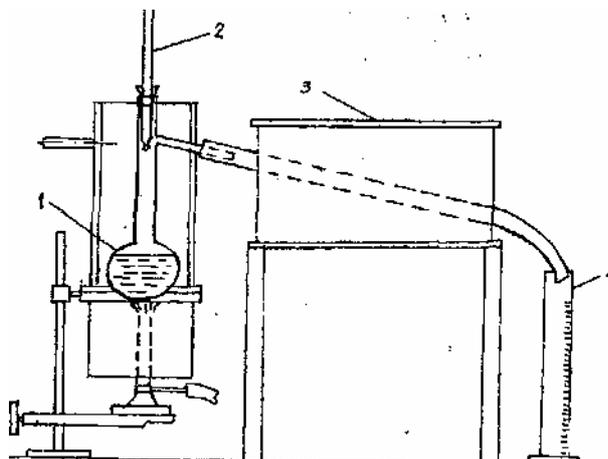


Рис. 3.1 Прибор для определения фракционного состава топлива: 1- колба; 2- термометр; 3- холодильник; 4- мерный сосуд.

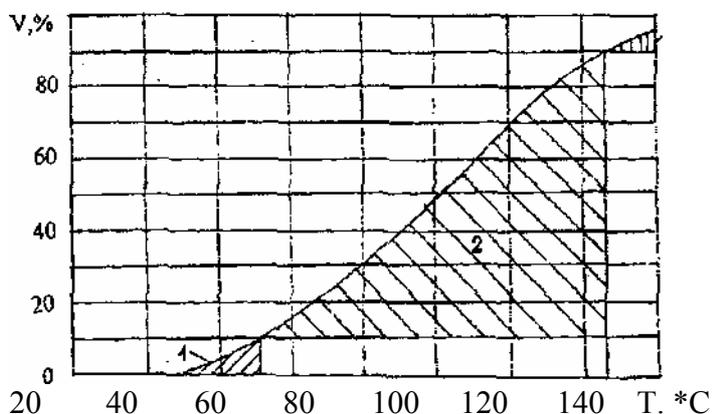


Рис. 3.2 Кривая фракционной разгонки автомобильного бензина А-76: 1 - пусковая; 2 - рабочая; 3 - концевая или хвостовая фракция.

Затем фиксируют температуру, при которой в мерном сосуде накапливаются 10, 20, 30% и т.д. перегоняемого топлива. Процесс перегонки заканчивается, когда после достижения своего наивысшего значения температура начинает падать. Оставшаяся в колбе часть топлива называется остатком. Объем ее измеряют отдельно. Разность между взятым объемом топлива (100 мл) и суммой объемов отгона в мерном сосуде и остатком в колбе представляют потери, характеризующие летучесть топлива. По результатам перегонки строят кривую фракционной разгонки топлива (рис. 3.2).

ГОСТ на бензины предусматривает определение температуры начала кипения, выкипания 10, 50, 90% топлива и конец кипения.

Первая пусковая фракция выкипания 10% топлива характеризует его пусковые свойства, чем ниже температура выкипания этой фракции, тем лучше пуск двигателя. Для бензинов 10% топлива должно выкипать при температуре не выше 55 - 70°C. Причем, чем ниже температура воздуха, тем меньше значение ее.

Температура выкипания 10% топлива. Зная температуру выкипания 10% бензина

$t_{10}\%$, можно определить минимальную температуру t_n ($^{\circ}\text{C}$), при которой возможен легкий пуск двигателя:

$$t_n = 0,5t_{10}\% - 50,5 \quad (3.2)$$

Легкие пусковые фракции топлива необходимы главным образом в период пуска и прогрева двигателя, поэтому вид бензина для двигателей выбирают в зависимости от температуры окружающего воздуха.

В летнее время при относительно высокой температуре воздуха легкие фракции бензина испаряются в топливопроводах, что может привести к образованию паровых пробок и нарушению питания двигателя. Поэтому бензин с максимально допустимым значением выкипания 10% должен обеспечивать легкий пуск холодного двигателя в зимнее время, надежную работу прогретого двигателя без образования паровых пробок.

Содержание легкокипящих углеводородов в бензинах ограничивается также температурой начала кипения, значение которой для всех марок должно быть не ниже 35°C . Такое условие необходимо для уменьшения потерь легкокипящих углеводородов бензина от нагревания при хранении в случае нагревания резервуаров солнцем. Часть бензина от 10 до 90% выкипания называют рабочей фракцией. Температура ее испарения не должна превышать $160 - 180^{\circ}\text{C}$. Чем однороднее углеводородный состав бензина, тем более круто поднимается кривая разгонки в своей средней части. Бензин с такими свойствами позволяет двигателю устойчиво и экономно работать на всех эксплуатационных режимах и обеспечивает хорошую приемистость (переход с одного режима на другой). Рабочую фракцию нормируют также по температуре выкипания 50% бензина.

Температура выкипания 50% бензина должно составлять $100 - 115^{\circ}\text{C}$. Такое топливо обеспечивает после пуска и прогрева плавный переход двигателя с одного скоростного режима работы на другой. Увеличение этой температуры снижает приемистость двигателя.

Тяжелые углеводороды бензина в интервале свыше 90% выкипания представляют собой концевые, или хвостовые, фракции, которые крайне нежелательны в топливе (рис. 3.2). Они полностью не испаряются и, значит, не сгорают. Наличие этих фракций обуславливает неполное сгорание топлива, повышение износов деталей за счет смывания масла с гильз цилиндров и разжижение моторного масла (снижение его смазывающей способности).

Кроме фракционного состава, испаряемость топлива характеризуется также давлением насыщенных паров. Давление, которое развивают пары, находящиеся в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре, называется давлением паров данной жидкости. С повышением температуры это давление возрастает. Чем выше давление насыщенных паров топлива, тем лучше его испаряемость и тем меньше теплоты потребуется для его испарения. Однако использование топлива с высоким давлением насыщенных паров приводит к образованию паровых пробок, снижению наполнения цилиндров и, следовательно, к падению мощности. Давление насыщенных паров для летних бензинов допускается не выше $0,667$ кПа (500 мм рт. ст.), для зимних - $0,667 - 0,933$ кПа ($500 - 700$ мм рт. ст.). От значения давления насыщенных паров бензина зависит температура воздуха, при которой возможен пуск двигателя.

3.4 Нормальное и детонационное сгорание топлива

Технико-экономические показатели ДВС во многом зависят от совершенства процесса горения топлива в цилиндре. На этот процесс оказывают влияние химического состава топлива, состав топливовоздушной смеси, давление, температура и время сгорания рабочей смеси.

При нормальном сгорании рабочей смеси отдельные ее части воспламеняются, и фронт пламени перемещается за счет передачи теплоты посредством теплопроводности и

лучеиспускания. Скорость распространения фронта пламени при этом составляет 25-40 м/с. Значение ее увеличивается с повышением давления, температуры рабочей смеси. Максимальное значение скорости соответствует коэффициенту избытка воздуха 0,93-0,95; обогащение или обеднение смеси ведет к снижению скорости.

При нормальном сгорании топлива в цилиндре двигателя давление нарастает плавно (Рис. 3.3,а). При повышении температуры и давления, нормальное сгорание может нарушиться и перейти в детонационное, или взрывное, сгорание. При этом скорость распространения фронта пламени нарастает скачкообразно и достигает 1500 - 2500 м/с, и характерно появление

волн, которые ударяясь о стенки камеры сгорания и многократно от них отражаясь, вызывают вибрацию. В результате вибрации возникает характерный металлический стук. На рис. 3.3,б видны характерные пики повышения давления, которые являются следствием возникновения ударных волн.

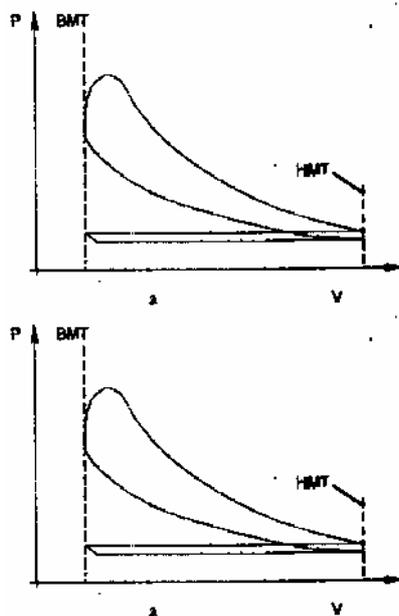


Рис. 3.3 Индикаторные диаграммы работы двигателя при сгорании топлива:

а - нормальном; б - детонационном

В результате взрывного горения рабочей смеси часть топлива не успевает полностью сгореть, и заметно появление дымного выхлопа. За счет ударного действия горячих газов на стенки камеры сгорания увеличивается теплоотдача, что приводит к перегреву двигателя и снижению его мощности. Повышается износ деталей цилиндропоршневой группы и вкладышей подшипников коленчатого вала.

Интенсивность процесса зависит от количества топлива в смеси, которое сгорает с детонацией. Внешние признаки ее появляются уже при сгорании 5% смеси; при детонационном сгорании 10 -12% рабочей смеси, процесс имеет среднюю интенсивность, а при детонации 18 - 20% смеси, он носит характер сильного детонационного сгорания. Такая детонация обычно передается на другие цилиндры и может привести к аварийному состоянию двигателя.

Взрывное сгорание несгоревшей части смеси возникает от перенасыщения ее перекисными соединениями (при концентрации перекисных соединений в смеси выше критической).

3.5 Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов и состава топлива на процесс сгорания

В карбюраторных двигателях на характер сгорания топлива влияют следующие

конструктивные факторы: степень сжатия, форма камеры сгорания; расположение и количество искровых свечей зажигания, размеры гильз цилиндров; материал поршней, головок блока и гильз цилиндров и др.

Повышение экономичности двигателей, увеличение их мощности достигаются повышением степени сжатия, предельное сжатие которой равно 10 -12. Это приводит к повышению давления и температуры в конце такта сжатия, что способствует самовоспламенению топлива. В результате самовоспламенения в цилиндре двигателя развивается высокое давление, прежде, чем поршень достигает ВМТ. На преодоление этого давления затрачивается часть мощности, что снижает технико-экономические показатели двигателя.

Другим способом повышение мощности и экономичности двигателя является использование наддува. Однако из-за резкого повышения давления и температуры рабочей смеси, как и при повышении степени сжатия, требуется топливо с более высокой детонационной стойкостью.

Снижение температуры рабочей смеси для уменьшения детонации можно достичь более интенсивным ее охлаждением. Этому способствуют более совершенная конструктивная форма камеры сгорания, использование металла с большей теплопроводностью.

Например, поршни из алюминия, с более высокой теплопроводностью по сравнению с чугуном, позволяют снизить температуру рабочей смеси и, следовательно, снизить детонацию.

Характер сгорания рабочей смеси во многом зависит от диаметра поршня, места расположения и числа искровых свечей зажигания. Увеличение диаметра цилиндра или применение только одной свечи удлиняет путь прохождения фронта пламени, в результате чего возрастает время сгорания рабочей смеси, а в несгоревшей ее части резко повышается давление, что способствует возникновению детонации. При таком сгорании рабочая смесь охлаждается слабее, что ведет к повышению ее температуры.

Детонационная стойкость бензинов находится в зависимости от степени сжатия и диаметра цилиндра:

$$ОЧ=125,4-413/Е+0,183Оц, \quad (3.3)$$

где ОЧ - необходимая для двигателя детонационная стойкость бензина, выражаемая октановым членом;

Е - степень сжатия;

Оц - диаметр цилиндра, мм.

На процесс сгорания рабочей смеси оказывают влияние также угол опережения зажигания, частота вращения коленчатого вала двигателя, коэффициент избытка воздуха, влажность и атмосферное давление воздуха, тепловой режим и нагрузка двигателя, нагарообразование на деталях камеры сгорания и др. Необходимо установить строго определенный угол опережения зажигания рабочей смеси. С увеличением этого угла ухудшаются оптимальные условия сгорания смеси, а к концу сгорания топлива температура и давление смеси значительно возрастают, что создает благоприятные условия для образования и накопления перекисных соединений, вызывающих детонацию.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала скорость распространения фронта пламени повышается и уменьшается время, отводимое на сгорание топлива.

Скорость сгорания топлива зависит также от состава смеси, т. е. Коэффициента избытка воздуха a . Наибольшая скорость достигается при $a = 0,9 - 1,1$. Обеднение и обогащение топливоздушная смеси будут уменьшать проявление детонации.

Детонацию можно предотвратить, снижая температуру рабочей смеси при сгорании, что возможно хорошим охлаждением деталей двигателя и интенсивным отводом теплоты от стенок камеры сгорания. При повышении влажности подаваемого

воздуха или впрыске воды в цилиндр также снижается температура рабочей смеси, что препятствует образованию перекисных соединений, вызывающих детонацию. При уменьшении открытия дросселя детонация также снижается. Это объясняется тем, что увеличивается количество остаточных газов в рабочей смеси, концентрация кислорода снижается, препятствуя образованию перекисей.

Нагароотложения на поверхностях деталей камеры сгорания увеличивают возможность возникновения детонации. Аналогично действуют образования на цилиндрах и деталях системы охлаждения накипи.

Снижение атмосферного давления в некоторой степени уменьшает возможность детонации. Процесс горения топлива в значительной степени определяется его химическим составом и молекулярным строением углеводородов. Углеводороды, входящие в состав топлива, обладают разной детонационной стойкостью. Парафиновые углеводороды нормального строения весьма склонны к детонационному сгоранию. И - парафины обладают высокой детонационной стойкостью.

Нафтеновые углеводороды занимают по детонационной стойкости промежуточное положение между Н и И - парафинами.

Ароматические углеводороды имеют наиболее высокую детонационную стойкость. Октановое число таких ароматических углеводородов, как, бензол, толуол, ксилол, составляет 100 ед. и выше.

Непредельные углеводороды обладают высокой детонационной стойкостью. У непредельных углеводородов нормального строения она выше, чем у соответствующих парафиновых углеводородов. Таким образом, в бензинах желательно содержание изопарафиновых и ароматических углеводородов.

3.6 Оценка и методы повышения противодетонационных свойств бензинов

Детонационные свойства бензинов можно определить с помощью установки УИТ - 65, снабженной одноцилиндровым двигателем с переменной степенью сжатия и электронными устройствами, при помощи которых поддерживается постоянный режим и фиксируется начало детонационного сгорания смеси.

Для определения детонационной стойкости бензинов применяется метод сравнения с известной детонационной стойкостью эталонного топлива. Оно представляет собой смесь двух индивидуальных парафиновых углеводородов: изооктана и нормального гептана. Детонационная стойкость изооктана оценивается 100 ед., Н - гептана 0 ед.. Оценочным показателем детонационной стойкости бензинов является октановое число (ОЧ).

ОЧ называется величина, численно равная процентному содержанию (по объему) изооктана в такой его смеси с Н - гептаном, которая по детонационной стойкости равноценна испытуемому топливу при оценочных исследованиях на стандартном двигателе в одинаковых условиях. Если октановое число бензина равно 76 ед., то это значит, что его детонационная стойкость такая, как у смеси, состоящей из 76% изооктана и 24% Н - гептана.

Для определения ОЧ бензина моторным методом (ГОСТ 511 -82) устанавливают стандартный режим работы одноцилиндрового двигателя и затем переводят его на испытуемое топливо. Изменяя степень сжатия E , добиваются появления детонации определенной интенсивности. Затем подбирают такую эталонную смесь изооктана с Н - гептаном, которая в

аналогичных условиях детонирует с той же интенсивностью. Процентное содержание изооктана в подобранном топливе обозначает октановое число испытуемого топлива.

Применяется также исследовательский метод определения октанового числа

(ГОСТ 8226 - 82), при котором режим работы двигателя менее напряженный. Поэтому октановое число по исследовательскому методу (ОЧИ) несколько выше, чем определенное моторным методом (ОЧМ).

Если октановое число определено исследовательским методом, то в марке бензина имеется индекс «И», например, автомобильные бензины АИ -93, АИ -95. Цифры 93 и 95 обозначают октановые числа, определенные исследовательским методом. Октановое число указанных бензинов, определенное моторным методом, составляет 85 и 89 ед.

Разницу в октановых числах, получаемую по этим двум методам определения, называют чувствительностью бензина. Она зависит от физического и фракционного составов бензина. Соответствие октановых чисел, определенных лабораторными методами (ОЧМ и ОЧИ), их действительной детонационной стойкости (ОЧД) в дорожных условиях зависит от конструктивных особенностей двигателя и системы питания, от степени испарения топлива во впускной системе двигателя и др.

Повышение октановых чисел бензинов возможно следующим путем; подбором соответствующего нефтяного сырья; совершенствованием технологии переработки и очистки бензина; изменением строения углеводорода и др. Наиболее эффективным и экономичным способом повышения детонационных свойств является добавление к бензинам антидетонаторов. В качестве антидетонатора широко применяется тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$, представляющий собой густую бесцветную жидкость с плотностью 1,659 г/см³, хорошо растворяющуюся в нефтепродуктах и не растворяющихся в воде, температура кипения его 200°С. Тетраэтилсвинец (ТЭС) - ядовитое вещество.

Механизм антидетонационного действия ТЭС заключается в том, что при высоких температурах образуется свободный свинец Pb , при окислении его образуется двуокись свинца PbO_2 , который взаимодействует с образующимися перекисными соединениями, в результате последние разрушаются, и цепная реакция окисления прерывается.

Недостатком ТЭС является то, что свинец из камеры сгорания удаляется не полностью, что приводит к освинцовыванию камеры. С целью уменьшения этого явления к ТЭС добавляют бромистые и хлористые соединения, называемые выносителями свинца. Смесь ТЭС с выносителем, в которую входят также наполнитель (бензин) и краситель (для отличия этилированного бензина от неэтилированного), называют этиловой жидкостью (ЭЖ) (табл. 3.2). Данную жидкость вводят в бензин в количестве 0,5 - 1,0 г/кг.

Таблица 3.2

Этиловые жидкости				
Компоненты	Состав жидкости, % массы			
	Р-9	1-ТС	П-2	
Тetraэтилсвинец	54,0	33,0	58,0	55,0
Бромистый этил Дибромэтан		36,0		
Дибромпропан	-	-		34,4
Альфамоноклорнафтали	6,8	-		5,5
н				
Красящее вещества	0,1		0,5	0,1
Наполнитель	6,1		5,5	5,0

Недостатком выносителя бромистого этила в жидкости Р -9 является то, что он обладает низкой температурой кипения (34°С) и при хранении испаряется. Выноситель дибромэтан в жидкости 1 - ТС кристаллизуется при -8°С, что делает невозможным

применение бензина с этой жидкостью зимой. Выноситель дибромпропан, входящий в жидкость П - 2, кипит при 141°C и кристаллизуется при - 55°C, поэтому является наиболее пригодным для использования в условиях Сибири.

В высокофорсированных двигателях применяется более эффективная органическое соединение свинца - тетраметилсвинец (ТМС). Он обладает более высокой термической устойчивостью, чем (ТЭС), и разлагается в момент максимального образования перекисных соединений.

3.7 Склонность бензинов к образованию отложений

При работе карбюраторного двигателя образуется отложение на деталях топливной системы и камеры сгорания двигателя. В баке, на фильтре и в карбюраторе отложение смолистых веществ сравнительно мягкие и липкие, во всасывающей трубке, где температура значительно выше, - плотные. На стержнях всасывающих клапанов отложения могут быть плотными и даже мешать клапанам закрываться. В дальнейшем эти отложения превращаются в нагар. На поверхностях деталей камеры сгорания образуются твердые отложения в виде нагара. При этом резко ухудшается тешоотвод, что приводит к детонационному сгоранию топлива. Наличие нагара на искровых свечах может привести их в нерабочее состояние (отсутствие искры).

При налипании на жиклер карбюратора смолистых отложений уменьшается его проходное сечение, в результате чего обедняется рабочая смесь, мощность и экономичность двигателя снижаются.

Количество и характер отложений в двигателе зависят главным образом от качества применяемого топлива, а также от условий эксплуатации и режима работы двигателя.

Склонность бензинов к нагарообразованию увеличивается с повышением содержания в них ароматических углеводородов, серы, антидетонационных присадок и при наличии в них смолистых веществ и смолообразующих соединений.

Топливо для карбюраторных двигателей не должно содержать большое количество смолистых соединений и веществ малоустойчивых к образованию фактических смол и их содержание строго нормируют (не более 5 мг на 100 мл).

О потенциальной способности топлива к смолообразованию можно судить по показателю стабильности топлива, который оценивается индукционным периодом - временем, в течение которого находящееся в условиях, благоприятных для окисления, практически не поглощает кислород.

Индукционный период автомобильных бензинов на месте производства должен составлять не менее 900 -1200 мин.

Интенсивность окисления и смоления топлива зависит не только от углеводородного состава, но и от температуры, степени аэрации, а также наличия каталитически действующих на процесс окисления веществ.

В автомобильный бензин, содержащий продукты термического и каталитического крекинга, коксования и пиролиза, при изготовлении его должны добавлять антиокислитель: 0,007 - 0,010% параоксидифениламина, или 0,03- 0,10% смеси фенолов ФЧ - 16, или 0,05- 0,15% древесно-смоляного антиокислителя, или 0,03 - 0,10% ионола, или не более 0,15% агидол -12.

3.8 Коррозионные свойства бензинов

Коррозия деталей двигателя и системы его питания, емкостей для хранения и транспортировки вызывается содержанием в топливе таких веществ, как водорастворимые кислоты и щелочи, органические кислоты, сера и сернистые соединения и вода.

Ввиду сильного коррозионного воздействия водорастворимых кислот и щелочей

на металлы наличие их в топливе не допускается, и они определяются по ГОСТ 6307-75.

Органические кислоты, преимущественно нафтеновые, по своей коррозионной активности слабее водорастворимых. Наличие их в топливе допускается с ограничением. Содержание органических кислот оценивают по показателю кислотности, под которым понимают количество щелочи КОН (мг), необходимое для нейтрализации органических кислот в 100мл топлива. Кислотность определяют по ГОСТ 5985 - 79. Допустимая кислотность неэтилированных бензинов АИ -93 и А - 76 составляет соответственно 0,8 и 1,0мл/100мл; бензина АИ - 95 - 2,0; остальных марок- 3,0.

Наличие в топливе активных сернистых соединений(сероводород, низшие меркаптаны) и элементной серы, вызывающих сильную коррозию деталей двигателя и системы питания не допускается. Активность сернистых соединений в топливе проверяют на медной пластинке по ГОСТ 6321 -69.

Неактивные сернистые соединения- сульфиды, теофены и т.п. -практически не действуют на металлы в обычных условиях. Однако при их сгорании получаются сернистые SO₂ и серные SO₃ ангидриды, которые образуют сернистую и серную кислоты, вызывающие сильную коррозию деталей. Содержание серы в топливе по техническим требованиям не должно превышать 0,1% и определяется по ГОСТ 19121-73.

Коррозионная активность топлива повышается с увеличением содержания в нем воды. Кроме того, наличие воды в бензине при отрицательных температурах может вызвать закупорку в топливопроводах из-за образования в них кристаллов льда. В результате чего нарушаются подача топлива и, следовательно, работа двигателя.

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

3.9 Марки и виды бензинов

Бензины выпускаются следующих марок (ГОСТ 2084-77):

- А 72 - с октановым числом по моторному методу не менее 72;
- А 76 - с октановым числом по моторному методу не менее 76;
- АИ-93 с октановым числом по исследовательскому методу не менее 93;
- АИ-95 с октановым числом по исследовательскому методу не менее 95.

Автомобильные бензины подразделяют на виды: летний - для применения во всех районах, кроме северных и северо-восточных, в период с 1 апреля до 1 октября; в южных районах допускается применять летний вид бензина круглый год; зимний- круглый год в северных и северо-восточных районах, с 1 октября до 1 апреля в районах с умеренным климатом.

Бензины А-72 и АИ-95 неэтилированные; А-76 и АИ-93 выпускаются неэтилированные и этилированные.

По ТУ 38 001166-87 выпускаются бензины автомобильные А-80, А-92, А-96. Цифры обозначают октановое число, определенное по исследовательскому методу. Октановое число их по моторному методу составляет соответственно 76, 82, 85. Бензины А-80, А-92, и А-96 выпускаются неэтилированные и этилированные.

По ТУ 38 4015895-94 выпускаются неэтилированные бензины АИ-80, АИ-91, АИ-92.АИ-93. Октановые числа указанных марок бензинов по моторному методу составляют соответственно 76; 82,5; 83; 85.

Глава 4. Эксплуатационные свойства и использование дизельного топлива

4.1 Требования, предъявляемые к дизельному топливу

Дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными имеют следующие преимущества: высокая экономичность, применение в качестве топлива более широких фракций нефти, лучшая приемистость и возможность перехода на режим с нагрузкой без полного прогрева, надежность и долговечность в эксплуатации. Они получили широкое распространение в сельском хозяйстве. Практически на всех современных тракторах установлены дизели.

Рабочий процесс дизеля отличается от рабочего процесса карбюраторного двигателя приготовлением и воспламенением топливовоздушной смеси. В дизеле топливо непосредственно впрыскивается в камеру сгорания, где находится с высокой температурой воздух, где практически одновременно происходит образование топливовоздушной смеси и ее самовоспламенение. Степень сжатия у дизельных двигателей составляет 14-20, коэффициент избытка воздуха 1,4 - 1,5.

Дизельное топливо, кроме общих, должно отвечать следующим требованиям:

- иметь хорошие смесеобразующие свойства и воспламеняемость;
- обладать соответствующей вязкостью;
- иметь хорошую прокачиваемость при различных температурах окружающей среды;
- не содержать сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды.

4.2 Условие сгорания топлива

Рабочий процесс в четырехтактном дизеле осуществляется следующим образом. При такте всасывания в цилиндр поступает очищенный воздух, который во втором такте сжатия сжимается. Давление в камере повышается до 2-5 МПа, а температура достигает 600-900°C. За 14-23° поворота коленчатого вала до прихода поршня в ВМТ начинается впрыскивание топлива в камеру сгорания, которое заканчивается на 6-12° поворота коленчатого вала после прихода поршня в ВМТ.

В этот период топливо интенсивно перемешивается с воздухом, испаряется и самовоспламеняется. Затем осуществляется такт рабочего хода, при котором рабочая смесь сгорает. Давление в цилиндре двигателя при этом повышается до 7-9 МПа. Температура до 1700-2000°C. Последний, четвертый такт выпуска происходит для удаления из рабочего объема цилиндра продуктов сгорания топлива.

Для того, чтобы топливо самовоспламенялось, оно должно быть нагрето до определенной температуры, называемой температурой самовоспламенения. Она зависит от химического состава топлива и от внешних условий (давления, состава рабочей смеси, типа камеры сгорания и др.).

Наличие ароматических углеводородов в дизельном топливе, обладающих высокой устойчивостью к образованию перекисных соединений, вызывает увеличение периода задержки самовоспламенения, а вследствие этого жесткую работу двигателя.

4.3 Оценка самовоспламеняемости топлива

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

Цетановое число дизельного топлива представляет собой процентное (по объему) содержание цетана в смеси с альфаметилнафталином, которое по самовоспламеняемости равноценно испытуемому в стандартном двигателе топливу.

Цетан обладает малым периодом задержки воспламенения. Его цетановое число принято за 100 ед. Альфаметилнафталин представляет собой ароматический углеводород,

обладающий большим периодом задержки воспламенения и вызывает очень жесткую работу двигателя. Цетановое число его условно принято за 0 ед.

Например, самовоспламеняемость испытуемого топлива равноценна самовоспламеняемости смеси, состоящей из 45% цетана и 55% альфаметилнафталина, то цетановое число топлива будет равно 45 ед. Цетановое число определяют по совпадению вспышек на одноцилиндровой установке ИТ9-3М, работающей по принципу самовоспламенения топлива от сжатия (ГОСТ 3123-87). Конструкция установки обеспечивает изменение степени сжатия в пределах от 7 до 23. Сначала пускают двигатель и устанавливают стандартный режим работы, после чего переводят на испытуемое топливо. Изменяя степень сжатия, добиваются начала самовоспламенения топлива в ВМТ. Затем подбирают такую смесь цетана с альфаметилнафталином, чтобы она при этих же условиях самовоспламенялась строго в ВМТ. Процентное содержание цетана в этой смеси показывает цетановое число испытуемого топлива.

Для получения дизельного топлива лучше использовать нефти алканового и алканоцикланового оснований, в дистиллятах которых содержание ароматических углеводородов относительно невысоко. Цетановое число дизельного топлива должно быть не менее 45 ед.

Применение топлива с меньшим цетановым числом приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и возникновению жесткой работы двигателя; выше 50 ед. нецелесообразно из-за уменьшения полноты сгорания топлива.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива к нему прибавляют специальные высокоцетановые компоненты, например, соответствующие фракции жидкого топлива, получаемого в результате синтеза из оксида углерода и водорода. Для этого также вводят в топливо специальные присадки -перекиси углеводородов, нитросоединения - нитроалканы, изопропилнитрат и др. Однако при этом снижается стабильность топлива при хранении.

На процесс сгорания топлива значительное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Положительное влияние оказывают повышение степени сжатия, а, следовательно, температура и давление воздуха в цилиндре двигателя. При этом снижается период задержки самовоспламенения, и двигатель работает более мягко.

Увеличение угла опережения впрыска топлива отрицательно сказывается на периоде задержки самовоспламенения, так как топливо поступает в менее сжатую и нагретую среду, и работа двигателя будет более жесткой. Если впрыскивание происходит очень рано, то за счет воспламенения и преждевременного сгорания части топлива может развиваться значительное давление до прихода поршней в ВМТ. Это вызывает потерю мощности двигателя.

Форма камеры сгорания должна обеспечивать интенсивное вихреобразование при сжатии воздуха, обеспечивающее сокращение времени нагрева и испарения впрыснутого топлива. В качестве материала для поршней лучше использовать чугун, а не алюминий, так как он обладает меньшей теплопроводностью, и его температура будет выше, что способствует уменьшению периода самовоспламенения.

4.4 Смесеобразующие свойства дизельного топлива

При впрыскивании топлива в среду сжатого воздуха, которая нагрета до температуры 600-700°C, часть топлива самовоспламеняется, и процесс горения с выделением теплоты начинается еще до окончания цикловой подачи топлива.

Образование топливовоздушной смеси протекает при более высокой температуре, чем в карбюраторном двигателе, которая повышается вследствие частичного совмещения процессов образования и сгорания топливовоздушной смеси.

Образование рабочей смеси в дизельном двигателе зависит от ряда факторов, основными из которых являются: температура и давление в камере сгорания; надежность

подачи и степень распыливания топлива при впрыске; физико-химические свойства топлива.

Температура и давление в камере сгорания зависят от степени сжатия, охлаждения двигателя, частоты вращения коленчатого вала, наличия наддува и т.п.

Надежность подачи топлива является необходимым предварительным условием правильного смесеобразования и сгорания. Топливо должно быть чистым. Механические примеси даже в небольшом количестве забивают фильтрующие элементы и, самое главное, вызывают износ плунжерных пар, корпуса и иглы распылителя форсунок, изготовленных с высокой точностью. Износ прецизионных деталей приводит к снижению давления и цикловой массовой подачи топлива, уменьшению давления впрыскивания, подтеканию топлива из-под иглы распылителя форсунок, что практически полностью нарушает работу дизеля. Содержание механических примесей в дизельном топливе не допускается, и их определяют по ГОСТ 6370-59.

При присутствии воды в топливе снижается надежность топливоподачи, ухудшается пуск двигателя, а при эксплуатации в зимнее время нарушается подача топлива из-за образования в трубопроводах кристалликов льда. Поэтому содержание механических примесей и воды в дизельном топливе не допускается.

Под распыливанием топлива понимают разделение его на мельчайшие частицы для создания наилучших условий смесеобразования и испарения. При струйном распыливании топливо попадает в среду сжатого воздуха, имеющего вихреобразное движение. Под действием кинетической энергии, сообщенной при впрыскивании, оно достаточно полно перемешивается с воздухом и испаряется. На качество смесеобразования при этом влияют степень распыливания и длина струи впрыскиваемого топлива. При увеличении давления впрыскивания возрастает скорость струи и уменьшается диаметр капель. На тонкость и однородность распыливания топлива оказывают влияние также противодействие в цилиндре, диаметр сопла форсунки, вязкость, плотность и поверхностное натяжение.

Увеличение противодействия или повышение плотности среды, в которую впрыскивается топливо, улучшают распыливание.

В двигателях с вихревыми камерами процесс смесеобразования протекает лучше за счет более полного сгорания топлива. В вихревой камере топливо самовоспламеняется и частично сгорает; образующиеся продукты выходят в основную камеру, где интенсивно перемешиваются с воздухом и догорают.

Скорость испарения впрыснутого топлива возрастает с улучшением качества распыливания. При применении топлива, имеющего плохую испаряемость и выкипающего при высоких температурах, скорость испарения может уменьшиться настолько, что топливо не успеет перейти в газообразное состояние, и значит, полностью не сгорит. При этом увеличивается расход

топлива, повышается износ деталей цилиндропоршневой группы из-за смывания несгоревшим топливом масло со стенок гильз цилиндров.

Испаряемость топлива оценивается фракционным составом. Для пуска двигателя желателен облегченный фракционный состав вследствие недостаточно высокой температуры и пониженного давления сжатого воздуха в цилиндрах двигателя.

На пуск двигателя оказывает влияние также цетановое число. Чем выше цетановое число, тем легче осуществляется пуск двигателя. Пусковые свойства дизельного топлива оцениваются температурой выкипания 50% топлива. Данная фракция должна перегоняться у марок топлива Л (летнее), З (зимнее) при температуре не выше 280°C, А (арктическое) - 255°C. 95% топлива марки Л должно перегоняться при температуре не выше 360°C, З - 340°C, А - 330°C.

Фракционный состав дизельного топлива определяют также, как карбюраторного. В соответствии с ГОСТ 305-82 на дизельное топливо определяют также температуру вспышки по ГОСТ 6336-75. Под температурой вспышки понимают ту минимальную

температуру, до которой необходимо нагреть топливо, чтобы пары, образующиеся над его поверхностью, вспыхивали при поднесении открытого пламени. Значение ее у топлива марки Л должно быть не ниже 40°C, З - 35°C, А - 30°C.

Одно из важнейших требований к качеству дизельного топлива - легкая прокачиваемость при различных температурах окружающей среды. Это качество зависит от вязкости и температуры застывания. В свою очередь вязкость зависит от температуры. Например, зимнее топливо при температуре 20°C имело вязкость 6,36сСт, при минус 20°C - 50,92.

При повышении вязкости дизельное топливо хуже проходит через топливные фильтры, в результате чего снижается подача топлива. Распиливание топлива ухудшается с повышением вязкости.

Оптимальная кинематическая вязкость дизельного топлива составляет 3-8 мм /с (сСт) при 20°C. Использование топлива с вязкостью меньше указанных значений недопустимо, так как оно одновременно служит смазывающей жидкостью для приборов системы питания. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТ 33-66 с помощью капиллярных вискозиметров ВПЖ-1, ВПЖ-2 и Пинкевича.

Важным показателем топлива является температура, при которой входящие в его состав парафиновые углеводороды переходят в твердое состояние. Образовавшиеся кристаллы забивают топливные фильтры, что ведет к нарушению или прекращению подачи топлива. Такое состояние топлива определяется по температуре помутнения, при которой теряется его фазовая однородность. Эта температура определяется по ГОСТ 5066-56, и значение ее у летнего топлива должно составлять не выше минус 5°C, зимнего - минус 25-35°C.

Другой характеристикой топлива является температура застывания, при которой топливо теряет подвижность. Эту температуру определяют по ГОСТ 20287-74. Зимнее топливо должно иметь температуру застывания не выше минус 35-45°C, летнее - минус 10°C.

4.5 Нагарообразующие свойства топлива

На процесс нагарообразования в дизельном двигателе оказывают влияние следующие качества топлива: неполнота сгорания из-за тяжелого фракционного состава и повышенной вязкости; наличие в топливе высокомолекулярных смолисто-осфальтовых соединений, непредельных углеводородов, сернистых соединений и механических примесей; повышенная зольность.

Массовая доля серы в топливе определяется по ГОСТ 19121-73 и должна составлять в летнем и зимнем топливах не более 0,2-0,5%, арктическом - 0,4%. Содержание в топливе активных сернистых соединений не допускается и определяется по ГОСТ 6321-69 испытанием на медной пластинке.

Содержание механических примесей в топливе не допускается и определяется по ГОСТ 6370-59. Зола нежелательная часть дизельного топлива. Зольность топлива определяется по ГОСТ 1461-75 и допускается не более 0,01%. Она представляет собой минеральный остаток после сжигания топлива при температуре 800-850°C. Для оценки склонности топлива к нагарообразованию используют показатель коксуемости. Его удобно применять для сравнительной оценки различных партии топлива. Коксуемость топлива определяется по ГОСТ 19932-74. В фарфоровый тигель берут навеску топлива или его фракцию и ставят в железный тигель, служащий воздушной баней, после чего их помещают в тигель с песком, выполняющий функцию песочной бани. Затем тигли ставят в железный асбестированный муфель и закрывают колпачком. При нагревании тиглей топливо коксуется. Пары и газы, выходящие из колпака, поджигают. Окончание коксования определяют по прекращению выделения газов, то есть по прекращению горения. Затем фарфоровый тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Коксуемость выражается в процентах от взятой навески. По стандарту коксуемость дизельного топлива

допускается не более 0,05%. На практике определяют коксуемость остатка, получаемого после отгона из колбы при фракционной отгонки 90% топлива. Коксуемость 10% остатка допускается не более 0,3%.

Косвенно показатель коксуемости топлива можно оценивать по содержанию в нем смол. Концентрация фактических смол в топливе определяется по ГОСТ 8489-85 и допускается для летнего топлива не более 30 мг., зимнего и арктического - 40 мг на 100 см.

Для оценки склонности топлива к лакообразованию используют специальную методику и прибор, разработанный профессором К. К. Папок. 1 мл испытуемого топлива помещают в алюминиевую чашечку и выпаривают в специальном термостате - лакообразователе при температуре 250°C. По окончании испарения в чашечке остается лаковая пленка. После охлаждения образовавшийся в ней лак взвешивают. Расчет ведут на 10 см топлива. Чем легче топливо по фракционному составу, тем меньше образуется лака.

К лако- и нагарообразованию склонны непредельные углеводороды. Их содержание можно оценить по йодному числу. Это число равно количеству йода, выраженному в граммах, которое вступает в реакцию со 100 г топлива. Йодное число определяют по ГОСТ 2070-55 и не должно превышать 6 г на 100 г топлива.

4.6 Коррозионные свойства топлива

Основным фактором, обуславливающим коррозию, является содержание в топливе водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот, воды и сернистых соединений.

По требованию ГОСТ 305-82 в дизельном топливе содержание водорастворимых кислот, щелочей и воды не допускается. Органические кислоты оказывают слабое коррозионное действие на детали цилиндропоршневой группы и материалы емкостей для хранения и перекачивания топлива. Содержание их оценивают по показанию кислотности.

По стандарту кислотность дизельного топлива должна быть не более 5 мл КОН на 100 см³.

Особенно сильное влияние на повышение коррозионных износов оказывают содержащиеся в топливе сернистые соединения. В зоне высоких температур, где конденсация влаги ограничена или отсутствует, преобладает газовая коррозия от воздействия сернистых SO₂ или серных SO₃ ангидридов. В области пониженных температур, где возможны конденсация влаги и образование сернистой и серной кислот, преобладает кислотная коррозия. Отрицательное действие сернистых соединений в еще большей степени проявляется в условиях пониженных температур.

Активность действия сернистых соединений в топливе проверяют испытанием на медной пластинке, согласно ГОСТ 6321-69. С этой целью хорошо очищенную и отполированную медную пластинку помещают в пробирку с испытуемым топливом и нагревают в течение трех часов в водяной бане при температуре 50°C. Затем пластинку промывают. Если на ней остались черный, темно-коричневый или серый налеты, то это указывает на наличие в топливотопливе сернистых соединений. Наличие активных сернистых соединений в топливе, обуславливающих сильную коррозию деталей цилиндропоршневой группы и емкостей для хранения, не допускается.

Для снижения коррозионного воздействия сернистых соединений топлива на детали двигателя используют антикоррозионные покрытия на верхних компрессионных кольцах и верхней части гильз цилиндров, что значительно снижает их износ.

4.7 Марки и виды дизельных топлив

В зависимости от условий применения устанавливаются три марки дизельного топлива (ГОСТ 305-82):

- Л (летнее) - рекомендуемое для использования при температуре окружающего воздуха 0°C и выше;
- 3 (зимнее) - рекомендуемое для применения при температуре окружающего воздуха минус 20°C и выше (температура застывания топлива не выше минус 35°C) и минус 30°C и выше (температура застывания топлива не выше минус 45°C);
- А (арктическое) - рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 50°C и выше.

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида: -1 - массовая доля серы не более 0,2%;

- 2 - массовая доля серы не более 0,5% (для марки А не более 0,4%).

В условное обозначение топлива марки Л входят доля серы и температура вспышки; топлива марки 3- массовая доля серы и температура застывания; топлива марки А- массовая доля серы.

Примеры условного обозначения,

1. Топливо летнее с массовой долей серы до 0,2% и температурой вспышки 40°C - топливо дизельное Л-0,2-40 ГОСТ 305-82.

2. Топливо зимнее с массовой долей серы до 0,2% и температурой застывания минус 35°C - топливо дизельное 3-0,2 минус 35 ГОСТ 305-82.

3. Топливо арктическое с массовой долей серы 0,4% - топливо дизельное А-0,4 ГОСТ 305-82.

Глава 5. Эксплуатационные свойства и использование газообразного топлива

5.1 Виды газообразного топлива

В современных условиях газообразное топливо широко используется для технологических (при отоплении теплиц, парников, сушилок, животноводческих и птицеводческих комплексов) и бытовых целей. Его применяют также для ДВС.

Преимущества газообразного топлива:

- сгорает в теоретически необходимом количестве воздуха, что обеспечивает высокий тепловой КПД и температуру горения;

- при сгорании не образует нежелательных продуктов сухой перегонки и сернистых соединений, копоти и дыма;

- сравнительно легко подводится к объектам потребления и может храниться централизованно;

- легко зажигается при любой температуре окружающей среды;

- является по сравнению с другими более %3202 топлива;

- может быть использовано в сжатом или сжиженном состояниях для ДВС;

- обладает высокими противодетонационными свойствами;

- обеспечивает значительно меньший износ деталей двигателя.

Вместе с тем газообразное топливо имеет также определенные недостатки; отравляющее действие, образование взрывчатых смесей при смешивании с воздухом, протекающие через неплотности соединений и др.

Наиболее широко применяются природный или попутный газ нефтяных или газовых месторождений, а также заводские газы нефтеперерабатывающих и других заводов. Основными составляющими компонентами этих газов являются углеводороды с числом углеродных атомов в молекуле от одного до четырех (метан, этан, пропан, бутан и их производные).

Природные газы практически полностью состоят из метана (82-98%), с небольшой примесью этана (до 6%), пропана (до 1,5%) и бутана (до 1%). В попутных нефтяных газах содержание метана колеблется в пределах 40-85%, этана и пропана до 20% (каждого).

В горючих газах могут содержаться также другие компоненты, поэтому газ специально очищают от нежелательных соединений.

Газообразное топливо по теплоте сгорания условно подразделяют на 3 группы:

-высококалорийное, с теплотой сгорания более 20000 кДж/м (природные газы из газовых скважин и нефтяные, получаемые из скважин попутно с нефтью и при ее переработке);

-среднекалорийные, с теплотой сгорания 10000-20000 кДж/м (коксовый, светильный газы и др.);

-низкокалорийные, с теплотой сгорания до 10000 кДж/м³ (доменный, генераторный газы и др.).

В зависимости от физических свойств газы могут быть сжатыми и сжиженными. Некоторые газы обладают низкой критической температурой, не переходят в жидкое состояние при обычной температуре даже под действием высокого давления (метан и др.). Газы, которые имеют критическую температуру ниже обычных температур их применения, используют в основном в сжатом виде (при давлении до 20 МПа). Сжиженные - это газы, критическая температура которых выше обычных температур их применения. Такие газы используют при давлении до 1,5-2МПа.

5.2 Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания

Для автомобилей используют высоко- и среднекалорийные газы. Выпускают природный, коксовый метанизированный и коксовый обогащенный сжатые газы. Теплота сгорания их составляет соответственно 29000, 27000 и 22000 кДж/м³.

Основным горючим компонентом этих газов является метан. Наличие в них сероводорода нежелательно. Октановое число природного газа, равное 94-105 ед., позволяет форсировать автомобильные двигатели по степени сжатия до 10-11.

Высокое содержание сероводорода обеспечивает более полное сгорание газообразного топлива в цилиндре двигателя. При этом топливо более равномерно распределяется по цилиндрам. При применении газообразного топлива неравномерность распределения составляет до 20%, а жидкого топлива (бензина) в рабочей смеси достигает 35% и более, существенно снижается токсичность отработавших газов.

Наиболее часто на автомобилях устанавливают цилиндрические баллоны, рассчитанные на рабочее давление 20 МПа. В одном баллоне (емкостью по воде 50л) вмещается Юм газа. Установка на автомобиль газовых баллонов вызывает снижение полезной грузоподъемности на 12-20%, дальность пробега примерно 200км. Мощность двигателя снижается на 15 - 20%.

Для газобаллонных автомобилей используют также сжиженные пропан-бутановые фракции нефтяных и ненефтяных газов. Теплота сгорания их составляет 46055 кДж/м³, октановое число 85-ЮОед. При работе двигателя на газообразном топливе значительно меньше загрязняется моторное масло, снижается количество отложений на деталях цилиндропоршневой группы.

По ГОСТ 20448-80 выпускают сжиженные газы трех марок: СПБТЗ-зимняя техническая пропано- бутановая смесь для коммунально-бытового потребления; СПБТЛ - летнее техническая пропано- бутановая смесь для

коммунально-бытового потребления и других целей; БТ - технический бутан для коммунально-бытового потребления и других целей.

При работе двигателей на сжиженном газе мощность снижается значительно

меньше, чем при работе на сжатом газе. Потери мощности двигателя при работе на сжатом и сжиженном газах можно компенсировать за счет повышения степени сжатия.

РАЗДЕЛ II. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Глава 6 Сведения о трении, износе и видах смазочных материалов

6.1 Назначение смазочных материалов и виды трения

Основное назначение смазочных материалов - уменьшение износа трущихся-ся деталей и снижение затрат энергии на преодоление трения. Кроме этих функций, смазочные материалы выполняют и другие: отводят тепло от трущихся деталей, предохраняют детали от коррозии, очищают поверхности трения от продуктов износа и других примесей, герметизируют узлы трения.

В зависимости от характера относительного перемещения поверхностей различают - трение скольжение и трение качения. Сила трения качения всегда меньше силы трения скольжения, поэтому там, где это возможно, предпочтительнее применять подшипники качения.

По наличию и распределению на трущихся поверхностях смазочного материала различают следующие виды трения:

- сухое, когда между трущимися поверхностями отсутствует смазочное вещество;
- жидкостное, при котором трущиеся поверхности полностью разделены слоем смазочного вещества;
- граничное, когда трущиеся поверхности разделены тончайшим молекулярным слоем адсорбированных на них смазочных веществ;
- полужидкостное - переходное между жидкостным и граничными видами трения.

Сухое трение - самое опасное для узлов и механизмов, так как сопровождается резким увеличением износов, потерей энергии на трение, температур и т.д.

Жидкостное трение обеспечивается, если смазывающая жидкость полностью разделяет трущиеся поверхности, т.е. трения между твердыми телами заменяется трением между частицами жидкости. При этом в 10-15 раз снижаются затраты мощности на преодоление трения, резко уменьшаются износ и нагрев деталей, узел трения выдерживает более высокие нагрузки. Работа узла трения, а следовательно, машины в целом становится более продолжительной, надежной.

Образование масляного слоя между трущимися поверхностями при заданной нагрузке зависит от скорости их относительного перемещения и вязкости масла (рис 6.1.).

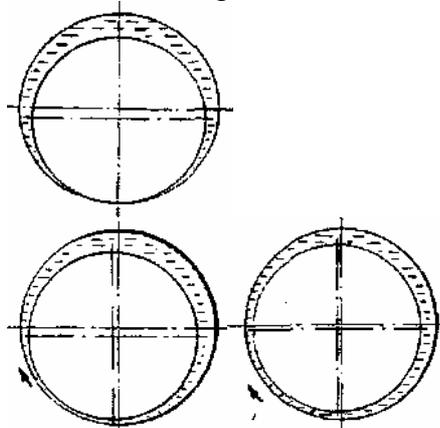


Рис.6.1 .Схема масляного слоя в трущейся паре вал- вкладыш подшипника:
а - в состоянии покоя вала;

б - в начале вращения вала;

в - при вращении вала с высокой скоростью

В состоянии покоя вал опирается на вкладыш, между валом и подшипником имеется только тончайшая масляная пленка, зазор в месте соприкосновения практически равен 0, а масло находится в серповидных зазорах по обе стороны вала (см. рис.(6.1, б)).

Когда вал начинает вращаться, частицы масла приводятся в движение. Слои масла, находящиеся на поверхности вала, и увлекают за собой прилегающие слои масла. В узкую серповидную часть (по ходу вращения вала) нагнетается все большее количество масла. Накапливающиеся в узкой части зазора слои масла создают гидродинамическое давление, и под действием его вал начинает приподниматься (другими словами, вал всплывает в подшипнике (см. рис.6.1, б), между валом и нижней частью подшипника создается масляный клин.

При увеличении частоты вращения вала большее количество масла увлекается вместе с валом. Гидродинамическое давление возрастает, что ведет к увеличению толщины масляного слоя, самое большое давление возникает в нижней части вала. В таком положении вал уже не касается поверхности подшипника, весь зазор заполнен маслом (см. рис.6.1, в), трение между валом и вкладышем подшипника заменяется трением между частицами масла. Минимальный зазор при этом несколько смещается от вертикальной оси по ходу вращения вала. Образование масляного слоя возможно в том случае, когда возникающее гидродинамическое давление превышает удельные нагрузки, действующие на вал.

Надежность масляного слоя, а следовательно, несущая способность подшипников с повышением частоты вращения вала и вязкости масла уменьшается. Минимальную толщину масляного слоя, обеспечивающую жидкостное трение, определяет по формуле

$$h = \frac{\tau C_t}{P_m}, \quad (6.1)$$

где τ - динамическая вязкость масла, Н.с/м ;

с - коэффициент, зависящий от размеров подшипников;

v - скорость перемещения трущихся поверхностей, м/с;

P_t - удельное давление подшипника, Н/м .

Коэффициент жидкостного трения составляет 0,001-0,01, а минимальная толщина масляного слоя при жидкостном трении для автотракторных двигателей равна 4-6 мкм.

В ряде случаев двигатель может кратковременно работать в неблагоприятных условиях (резкое возрастание нагрузки, значительное снижение частоты вращения вала, перегрев двигателя, чрезмерное понижение вязкости масла и др.), при которых гидродинамический слой масла нарушается, и жидкостное трение переходит в граничное.

При этом между трущимися поверхностями остается очень тонкий слой масла. Пленка масла на металлической поверхности прочно удерживается силами межмолекулярного взаимодействия. Оно зависит от смазывающей способности масла и физико-химических свойств поверхностей трения. Толщина слоя масла составляет 0,1-1,0 мкм. Коэффициент трения составляет 0,01-0,1.

Все смазочные масла обладают смачиваемостью, т.е. способностью растекаться тонким слоем на поверхности металла. Эта способность зависит от внутренних сил сцепления. В данном случае силы взаимодействия между металлом и частицами масла больше силы ' молекулярного взаимодействия между частицами масла. Смазывающая способность масла имеет очень важное значение во многих случаях эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: во время пуска двигателя, при прогреве двигателя.

Полужидкостной смазкой называют такой режим трения, когда наряду с жидкостной имеет место и граничная смазка (например, при пуске и остановке двигателя, неустановившейся нагрузке, резком изменении скоростей). Полужидкостное трение будет наблюдаться при высоких удельных нагрузках и рабочих температурах, низкой вязкости масла, нарушении геометрической деталей, недостаточном поступлении масла, попадании в масло абразивных и механических примесей.

6.2 Виды изнашивания поверхностей деталей

Изнашивание (износ) - это процесс, взаимосвязанный с трением, который происходит в результате целого ряда различных явлений, возникающих при перемещении сопряженных трущихся поверхностей.

Принято различать следующие виды изнашивания: механическое (абразивное), молекулярно- механическое и коррозионно-механическое.

Механическим называют изнашивание, образующееся при сопряжении рабочей поверхности с достаточно твердыми телами, которые могут царапать ее или резать. Например, изнашивание механизмов плуга и лап культиваторов, которые возникают от воздействия твердых кварцевых частиц почвы.

Молекулярно- механическое изнашивание характеризуется вырыванием частиц рабочих поверхностей в результате их налипания и наволакивания, а также переносом металла с поверхности одного сопряженного тела на поверхность и в приповерхностный слой другого.

Коррозионно-механический износ наблюдается, когда трущиеся поверхности находятся в агрессивной среде (кислот и щелочей), которая химически действует на них, в результате чего наряду с механическим происходит коррозионный износ. При этом продукты химического взаимодействия (оксиды) отделяются при трении или смываются смазочным маслом.

При эксплуатации тракторов, автомобилей, комбайнов и других самоходных машин изнашивание деталей носит более сложный, комплексный характер. Например, изнашивание гильз цилиндров двигателя и поршневых колец происходит под действием абразива (дорожная или почвенная пыль), продуктов сгорания топлива, образующих агрессивную среду (серная кислота и т.д.), а также высокой температуры, давления и кислорода воздуха. Для этой группы деталей сочетаются закономерности всех трех видов износа.

Изучая характер изнашивания трущихся поверхностей, следует учитывать попадание в смазочное вещество влаги, пыли, продуктов изнашивания, органических кислот и другие явления.

6.3 Виды смазочных материалов и требования, предъявляемые к ним

По происхождению масла различают:

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

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

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

По агрегатному состоянию смазочные материалы делятся на:

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

По назначению смазочные материалы делятся на масла:

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

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

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

Глава 7. Свойства присадок к смазочным маслам и механизм действия

7.1 Назначение, виды и механизм действия присадок однофункционального назначения

Наиболее эффективным и достаточно дешевым методом улучшения эксплуатационных свойств смазочных масел является легирование их специальными присадками. Присадки - это сложные химические соединения различных веществ, которые вводятся в смазочные масла для улучшения их качества или придания маслу новых, заранее заданных свойств.

В зависимости от функционального действия присадки подразделяются на антиокислительные, противокоррозионные, моющие, диспергирующие, противоизносные, вязкостные, депрессорные, противопенные и др. Присадки могут вводиться в масло для улучшения или придания одного определенного свойства, например, депрессорную - для снижения температуры застывания. Но чаще всего используют многофункциональные присадки, улучшающие одновременно несколько свойств смазочного масла.

Присадки должны отвечать следующим требованиям: хорошо растворяться в маслах; не выпадать в осадок от изменения температуры и при хранении; быть термически и химически стабильными; не изменять своего функционального назначения при применении его в двигателе; не изменять других качеств масла и т.д.

Антиокислительные присадки улучшают стабильность масла против окисления при высоких температурах. В качестве антиокислительных присадок чаще всего используются алкилфенольные соединения (ионол, соединения,

содержащие азот, азот и фенольный гидроксил, азот и фосфор и др.

Эти присадки могут задерживать начало процесса окисления, разрушать образующиеся гидроперекиси и тем самым подавлять реакции разветвления цепей, а также взаимодействовать с продуктами окисления углеводородов и образовывать новые вещества, обладающие антиокислительными свойствами. Марки: ДФ-11, ДФБ, ДФ-1, ВНИЦНП-354, ИХП-21, МНИИП-22К, КАСП-13, «Бория», ДБК, Агидол-2.

Противокоррозионные присадки добавляют в масла для снижения коррозии металлов, особенно сплавов цветных металлов (медно-свинцовые и др.). В качестве указанных присадок используются различные соединения: трибутилфосфит, трифенилфосфит, осерненное масло, алкилфеноляты щелочных и щелочноземельных металлов.

Механизм действия этих присадок сводится к образованию на металле защитных плёнок, которые препятствуют непосредственному воздействию коррозионно-активных веществ на металл. Другим направлением действия присадки может быть нейтрализация коррозионно-агрессивных продуктов, образующихся при сгорании сернистого топлива и окисления масла.

Марки: ДФ-1, ЛАКИ-317 и др.

Моющие и диспергирующие присадки препятствуют образованию лаков и нагаров на деталях цилиндропоршневой группы.

В качестве моющих присадок широкое применение получили соли различных сульфо- и карбоновых кислот, алкилфеноляты, беззольные, малозольные полимерные присадки и др.

Присадка СБ-3 относится к малозольным и низкощелочным сульфонатам, применяется в качестве моюще-диспергирующей, противоизносной; МАСК - многозольный алкилсалицилат кальция; ПМСЯ - многозольная сульфатная присадка; ВНИИИП-360 - высокощелочная присадка (до 6%).

Механизм действия моюще-диспергирующих присадок заключается в переводе нагарообразующих веществ в суспензию и удерживании их в этом состоянии.

Противоизносные присадки содержат поверхностно-активные вещества, которые при повышении температуры образуют пленки, препятствующие схватыванию трущихся деталей. К ним относятся соединения, содержащие неактивную серу, а также эфиры фосфорных кислот.

При использовании противозадирных присадок продукты их разложения химически взаимодействуют с металлом при высоких температурах трения. При этом образуются соединения, обладающие меньшим сопротивлением срезу и более низкой температурой плавления, чем чистые металлы, что и препятствует заеданию трущихся поверхностей. В присадки входят сера, фосфор и хлор, в некоторые из них - свинец, сурьма молибден в сочетании с серой или фосфором.

Противоизносные и противозадирные присадки одновременно обладают антифрикционными свойствами. Марки: ДФ-11, ДФ-1, ВНИИИП-354, ДФБ, МНИИП-22К.

Вязкостные присадки (3-5%) вводят в смазочные масла, чтобы придать им необходимые вязкостно-температурные свойства, высокий индекс вязкости и хорошую прокачиваемость при отрицательных температурах. Такие присадки

представляют собой высокомолекулярные соединения (полиизобутилены, поливинилалкил-ловые эфиры, полиметакрилаты и др.). Эти присадки в меньшей степени изменяют свои свойства под воздействием высоких температур и механических сил. Масло, загущенное этими присадками, обладает хорошими вязкостными свойствами, обеспечивают легкий пуск двигателя при низких температурах и поэтому используется как всесезонные масла. Марки: КП-5, КП-10, КП-20, ПМА «В-1», ПМА «В-2», ВНИПОЛ ВБ-2, ИХП-234, Атопол.

Депрессорные присадки (0,5-1%) вводят в смазочные масла, чтобы сделать их пригодными для использования при низких температурах окружающей среды.

Депрессоры препятствуют образованию при низких температурах сплошных кристаллических сеток, благодаря чему, смазочное масло сохраняет подвижность. Марки: АЗНИИ, АЗНИИ-ЦИАТИМ-1, АФК, ПМА «Д». Их добавляют в моторные и трансмиссионные масла.

Противопенные присадки «тысячные доли %» добавляют к маслам, применяемым в тех узлах, где происходит вспенивание масла в результате чего резко ухудшаются условия смазки трущихся поверхностей. Эти вещества снижают прочность поверхностных пленок, которые разделяют газовые пузырьки и жидкую фазу. В качестве противопенных присадок используют полиметилси-локсан (ПМС-200А), полидиметилсилоксан, полиэтилсилоксан и др. Эти присадки вводятся совместно с моющими, поскольку последние способствуют вспениванию масла.

7.2 Многофункциональные присадки

Для придания смазочному маслу комплекса определенных эксплуатационных свойств в вводят несколько органических соединений, обладающих различными функциональными качествами.

Многофункциональные присадки сообщают маслу целый набор заданных эксплуатационных свойств: антиокислительные, противонагарные, противокоррозионные и др.

К многофункциональным присадкам относятся алкилфенольные, фенолсульфидные и полимерные соединения, содержащие фосфор и серу.

Алкилфенольные присадки БФК, КФК, ВНИИНП-370, ВНИИНП-371 обладают высокими противокоррозионными, моющими противонагарными и антиокислительными свойствами.

Фенолсульфидные присадки АЗНИИ, АЗНИИ-ЦИАТИМ-1, ЦИАТИМ-339 и др. обладают хорошими противокоррозионными и моющими свойствами, улучшают смазочную способность и снижают температуру застывания масла.

Полимерные присадки характеризуются высокими моющими и диспергирующими свойствами, а также в ряде случаев улучшают вязкостно-температурные качества и снижают температуру застывания, повышают антиокислительную способность и ослабляют коррозионную агрессивность.

Постоянно возрастающие требования к качеству смазочных материалов привели к необходимости применения композиций многофункциональных присадок, которые резко повышают многие эксплуатационные качества масла. При составлении композиций присадок происходит сложное химическое

взаимодействие компонентов, в результате чего не только усиливаются определенные свойства, но и проявляются новые качества.

Пример композиций присадок для моторных масел группы В: 4% ВНИИНП-360+2% ПМСЯ+1,5% ВНИИНП-3 54+0,005% ПМС-200А (первая улучшает моющие, антиокислительные и противоизносные свойства, вторая придает моющие свойства, третья улучшает противоизносные свойства, четвертая - противопенная).

Глава 8. Оценка эксплуатационных свойств моторных масел

8.1 Методы оценки качества смазочных масел

При оценке качеств смазочных масел используются многочисленные физико-химические показатели. Установлено, что добавление присадок к маслу для повышения эксплуатационных свойств ухудшает ряд его физико-химических показателей. В связи с этим многие физико-химические показатели масла характеризуют не его

эксплуатационные качества, а в основном сырьё, из которого оно изготавливается, и технологию производства.

Для более объективной и правильной оценки качества масел с присадками следует применять показатели, характеризующие эксплуатационные качества масла: противокоррозионные, антиокислительные, противоизносные, противонагарные и др. Для этого созданы специальные лабораторные приборы, имитирующие работу масла, действующие модельные установки, одноцилиндровые и полноразмерные двигатели.

Процесс оценки качества смазочных масел состоит из четырех этапов: лабораторных исследований; испытаний на модельных установках и малоразмерных одноцилиндровых двигателях; стендовых испытаний на полноразмерных двигателях; эксплуатационных испытаний на машинах.

8.2 Вязкостные свойства масел

Вязкость - один из важнейших показателей, характеризующих пригодность масла для применения в том или ином двигателях. Определенная вязкость нужна для образования смазочного слоя между трущимися поверхностями. Для этого лучше использовать масла с большей вязкостью. Однако увеличение вязкости масла ведет к повышению непроизводительных потерь мощности двигателя на трение, снижению КПД. Поэтому вязкость масла должна быть минимальной, но достаточной для создания жидкостного трения.

Кроме того, вязкость определяет низкотемпературные свойства масла, т.е. способность обеспечивать легкий пуск двигателя при низких температурах окружающей среды и надежную подачу масла к коренным и шатунным подшипникам в период пуска и прогрева двигателя.

С изменением температуры масло в значительной степени изменяется его вязкость. Вязкостно-температурные свойства масел оценивают индексом вязкости. Чем выше индекс вязкости масел, тем в меньшей степени изменяется его вязкость с изменением температуры, а значит, выше его качество. Такое

масло при высоких температурах надёжно смазывает трущиеся детали, а при низких обеспечивает легкий пуск двигателя и имеет хорошую прокачиваемость. Индекс вязкости масла определяют с помощью номограммы [1]. Для этого необходимо знать кинематическую вязкость испытуемого масла при 50 и 100°С. По точке пересечения значений этих вязкостей с одной из линий индекса вязкости определяют его значение.

8.3 Термоокислительная стабильность масел

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

На высоконагретых деталях двигателя образуются отложения (нагары, лаки). Нагарами называются углистые отложения, которые образуются на стенках камеры сгорания, днищах поршней, клапанах, форсунках и свечах. Лаки, или лаковое отложение, представляет собой тонкие и прочные пленки, образующиеся на поршневых кольцах, канавках и юбках поршней, шатунах и других деталях.

Процесс нагарообразования заключается в том, что образующиеся в результате окисления и окислительной полимеризации смолисто-асфальтеновые вещества откладываются на поверхностях деталей и удерживают продукты неполного сгорания топлива, механические и другие примеси. Под воздействием высокой температуры процесса сгорания рабочей смеси эти продукты закоксовываются и частично сгорают. Толщина образующегося слоя со временем увеличивается, ухудшается теплоотвод, что

приводит к повышению температуры. В этих условиях часть нагара начинает гореть. При достижении определенной толщины слоя нагара устанавливается фаза равновесного состояния, при которой скорости образования и сгорания нагара равны. Толщина слоя нагара на деталях может быть различной и зависит от режима работы двигателя. При режиме его полной нагрузки слой нагара меньше, чем при малонагруженном режиме с более низкой температурой деталей. Нагарообразование в двигателе зависит от полноты сгорания топлива, качества масла и топлива, их загрязненности, пыли, попадающей с воздухом.

На лакообразование в зоне поршневых колец и поршне в карбюраторных двигателях влияет качество топлива и моторного масла, в дизелях преимущественно качество масла. Образование лаковых пленок происходит тем интенсивнее, чем более склонно масло к окислению и окислительной полимеризации. Прочность пленок зависит от образования оксикислот и смолисто-асфальтовых веществ.

Образование лаковых пленок на поверхностях деталей происходит следующим образом. На поверхности высоконагретой детали происходят окисление тонкого слоя масла; коагуляция на поверхности детали из масла твердых продуктов окисления и сгорания топлива, конденсация продуктов окисления топлива и масла из продуктов сгорания рабочей смеси. При повышении содержания серы в топливе повышаются отложения, они становятся более плотными и трудноудаляемыми.

Для уменьшения отрицательного воздействия нагара и лака к маслам добавляют моющедиспергирующие и антиокислительные присадки. Эксплуатационные свойства таких масел оценивают по загрязненности деталей цилиндропоршневой группы.

Термоокислительная стабильность масел как показатель его антиокислительных свойств определяется по методу с кольцами и на испарителях.

8.4 Противокоррозионные свойства масел

Коррозия металлов и особенно сплавов цветных металлов, применяемых в антифрикционных подшипниках (вкладышах), характеризуется последовательным протеканием следующих процессов: Появление на рабочей поверхности шероховатых точек и пятен; концентрация коррозионных точек в области появившихся пятен; образование в местах концентрации коррозионных точек небольших раковин, уходящих в глубь материала; появление трещин, соединяющих образовавшиеся раковины; выкрашивание материала по образовавшимся трещинам.

Коррозионность масла определяют специальными приборами, имитирующими условие работы масла в двигателе. Рассмотрим определение коррозионности по методу Пинкевича. Суть метода заключается в определении потери массы металлической пластинки (из свинца или свинцовистой бронзы) при периодическом воздействии на нее нагретого масла и кислорода воздуха. Температура масла составляет $140 \pm 2^\circ\text{C}$. В течение 1 мин. пластинки 15 раз погружается в масло. Продолжительность испытания 50 часов.

После испытания пластинки вынимают из пробирок, тщательно промывают, высушивают и взвешивают.

Коррозионность (г/м²) испытуемого образца определяют по формуле:

$KC-O/F$, м/с

где, l - масса пластинки до и после испытания, г ; F - площадь поверхности пластины м².

8.5 Противоизносные свойства масел

Противоизносные свойства масла характеризуют его способность уменьшать износы сопряженных трущихся деталей. Основными показателями масла, обуславливающими эти свойства, являются вязкость и смазывающая способность

(маслянистость).

Для оценки противоизносных и противозадирных свойств масел применяются различные машины трения. Наиболее широкое распространение получила так называемая четырехшариковая машина. При испытании образца масла в данной машине оценочными показателями являются: коэффициент трения, износ трущихся стальных шариков и нагрузка, при которой наступает заклинивание (задир) шариков, т.е. разрушается масляная пленка. На верхний шарик, закрепленный в шпинделе и вращающийся с частотой 1500 об/мин, в течение 1 мин. ступенчато воздействует возрастающая нагрузка. Износ оценивают при помощи специального оптического микроскопа по среднему

диаметру износного пятна на нижних трех шариках. Чем больше диаметр пятна износа, тем хуже его противоизносные свойства.

На противоизносные свойства смазочного масла большое влияние оказывают механические примеси, особенно абразивные. Поэтому при эксплуатации двигателей следует исключить возможности попадания в смазочное масло абразивов (дорожной пыли с воздухом, при техническом обслуживании и т.д.).

Глава 9. Влияние различных факторов на изменение качества масла в двигателе, классификация и марки масел

9.1 Условия работы и факторы, влияющие на изменения качества моторного масла

Необходимыми условиями надежной и долговечной работы двигателя являются непрерывное высококачественное смазывание его трущихся деталей, отвод от них тепла и защита от коррозии.

Условия работы моторного масла в двигателе характеризуются многообразием и широким диапазоном изменения различных воздействий. Так, температура масла в картере может изменяться вместе с температурой окружающего воздуха, отклоняясь от нуля в ту и другую стороны на несколько десятков градусов и в зависимости от режима работы двигателя достигать 80-120°C. Весьма широк диапазон температур при смазке поршня. В нижней его части температура равна 150-250°C, на внутренней поверхности доходит до 340-370°C, а в верхней части -400°C. В момент воспламенения рабочей смеси температура в камере сгорания достигает 1700-2200°C и выше.

Масло в картере при работе находится в туманообразном состоянии, что создает условия для его интенсивной аэрации. Масло также воспринимает высокие удельные нагрузки от шестерен масляного насоса, шатунных и коренных подшипников коленчатого вала, опорных шеек распределительного вала.

Определенное влияние на смазочное масло оказывают кислород воздуха, продукты сгорания, каталитическое воздействие различных металлов и сплавов, нагрузка двигателя и т.д. Условия эксплуатации техники в сельском хозяйстве характеризуются также значительными изменениями влажности, запыленности, вибрациями и др.

Для обеспечения в этих условиях надежной смазки деталей двигателя масло должно в течение длительного периода сохранять свои свойства, не подвергаться окислению, не загрязняться различными примесями, не образовывать отложений, устойчивых к выделению низкотемпературных осадков, способных забивать маслоприемные сетки масляных насосов, фильтрующие устройства и маслопроводы.

Рассмотрим влияние отдельных факторов на изменение качества моторного масла и на условия смазки.

9.2 Влияние отдельных факторов на окисление моторного масла

На процесс окисления моторного масла главным образом влияет кислород. Первым продуктом этого процесса являются перекиси, которые затем образуют различные продукты более глубокого окисления. Ароматические углеводороды с короткими боковыми цепями образуют различные нейтральные соединения, находящиеся в масле как в растворенном состоянии (фенолы, смолы), так и выпадающие в осадок (асфальтены, карбены). Углеводороды парафинового и нафтенового рядов, а также ароматические с длинными боковыми цепями окисляются с образованием кислых продуктов (асфальтогенные кислоты, карбоиды оксикислот).

С повышением температуры значительно ускоряются процессы окисления. Наибольшая окисляемость масла находится в интервале 130-150°C. Начальная стадия окисления характеризуется так называемым индукционным периодом, в течение которого свойства масла можно считать неизменными. Продолжительность индукционного периода у масел разная. После индукционного периода наблюдается интенсивное окисление масла, а затем этот процесс стремится к стабилизации. Продукты окисления претерпевают расщепление, конденсацию, полимеризацию и пр.

Большое влияние на скорость диффузии кислорода в масло и степень его окисления оказывает поверхность окисляемого масла. В двигателе, где происходят распиливание, разбрызгивание масла, многократная его циркуляция, процесс окисления значительно ускоряется.

Наименее устойчивыми к действию кислорода при высоких температурах являются парафиновые, а также нафтеновые углеводороды с большим количеством циклов. Ароматические углеводороды в смеси с нафтенами защищают их от окисления.

Свинцовистая бронза оказывает более интенсивное воздействие на процесс окисления масла, чем оловянистый баббит.

Нейтральные продукты окисления способствуют главным образом лако- и нагарообразованию, а кислые продукты (органические кислоты), взаимодействуя с металлом, вызывают коррозию. Промежуточные продукты окисления (перекиси) взаимодействуют с металлом по образованию окиси металла, которая затем, реагируя с кислотой, дает соль.

Масла с кислотностью до 1,5 мг КОН, по данным Б.В. Лосикова, при отсутствии воды оказывают незначительное воздействие на сталь и чугун, но кислотность порядка 0,5-0,8 мг КОН уже достаточна для вымывания свинца из подшипниковых сплавов.

9.3 Влияние прокачиваемости масла на изменение его качества

При хорошем техническом состоянии двигателя на смазку его деталей идет примерно 20-25% масла, подаваемого насосом, остальная часть через перепускной клапан возвращается в картер. По мере увеличения зазоров в сопряжениях объема масла, прокачиваемого в систему смазки, увеличивается. Завышенная подача в систему смазки двигателя ведет к дополнительному окислению моторного масла.

Изменения щелочности и кислотности масла в двигателе Д-50 (при нагрузке 80% номинальной) в зависимости от подачи масляного насоса представлены на рис.9.1. Изменение содержания механических примесей и несгораемого остатка в моторном масле в зависимости от подачи насоса при работе двигателя в течение 100 часов представлено на рис. 9.2.

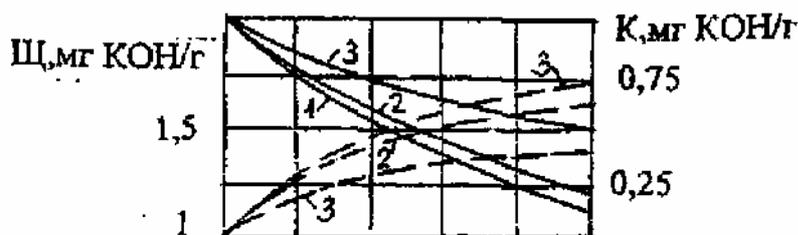


Рис. 9.1 Изменение щелочности и кислотности масла в двигателе Д-50 в зависимости от подачи масляного насоса: 1-40 л/мин; 2-28,7; 3-8,2. —щелочность; — кислотность.

Приведенные данные свидетельствуют о значительном влиянии работы масляного насоса на изменение качества моторного масла.

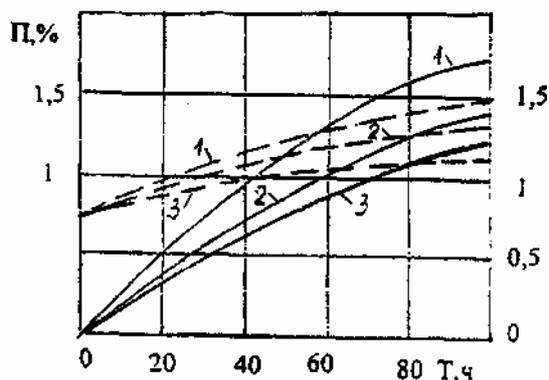


Рис. 9.2. Изменение содержания механических примесей и несгораемого остатка в моторном масле двигателя Д-50 в зависимости от подачи насоса: 1-40 л/мин; 2-28,7; 3-8,2— механические примеси; -несгораемый остаток.

9.4 Влияние объема системы смазки двигателя на изменения качества масла

Объем системы смазки двигателя существенным образом влияет на изменение качества моторного масла. Уменьшение объема масла в системе смазки приводит к более интенсивному его изменению (рис. 9.3). Это объясняется увеличением кратности прокачивания масла и восприятием им больших тепловых и удельных нагрузок (в расчете на единицу объема масла). Чем меньше объем масла в системе смазки, тем больше лако- и нагарообложений на поршне двигателя. Следовательно, вместимость системы смазки нужно выбирать с учетом изменения качества моторного масла, а при эксплуатации машин необходимо поддерживать оптимальный заданный уровень масла в картере двигателя.

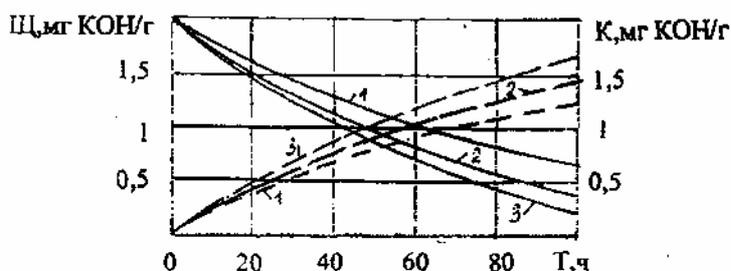


Рис. 9.3 Изменение показателей моторного масла в двигателе Д-50 В зависимости от объема системы смазки: 1-16л; 2-12л; 3-8л. —щелочность;—кислотность.

9.5 Влияние загрузки двигателя на изменение качества моторного масла

Степень загрузки двигателей тракторов зависит от выполняемого технологического процесса. На сельскохозяйственных работах (пахота посев и др.) двигатель загружен на 70-90%, на транспортных - 30-60% номинальной мощности. Оценка состояния: моторного масла после определенного времени работы трактора на различных технологических операциях дает возможность выявить оптимальные сроки замены масла.

Процесс накопления механических примесей в моторном масле проходит тем интенсивнее, чем выше загрузка двигателя (рис 9.4).

Чем выше загрузка, тем более интенсивно протекают процессы окисления (рис 9.5). Содержание в масле нерастворимых продуктов (асфальтены, карбены, карбоиды, продукты износа и др.) повышается с повышением загрузки двигателя, особенно резко возрастает оно при загрузке более 80% номинальной (см. рис. 9.5).

С увеличением загрузки двигателя интенсивнее происходит процесс срабатывания присадки в моторном масле, т.е. снижается содержание присадки.

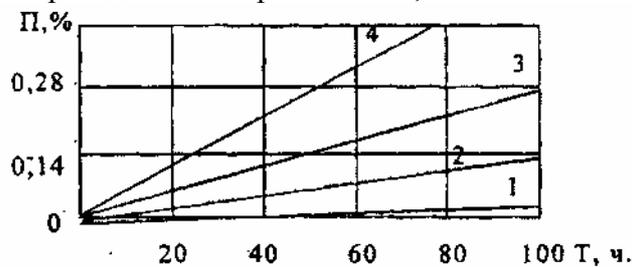


Рис.9.4 Изменение накопления в моторном масле механических примесей в зависимости от загрузки двигателя Д.-50. 1, 2, 3, 4- соответственно при загрузке 20, 60, 80 и 100% номинальной.

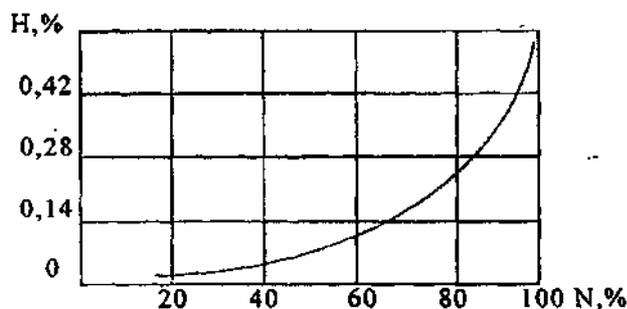


Рис. 9.5 Содержание в моторном масле за 100 ч работы нерастворимых продуктов в зависимости от загрузки двигателя Д.-50.

9.6 Классификация моторных масел для автотракторных двигателей

Система обозначений моторных масел установлено ГОСТ 17479.1-85 и включает несколько знаков: букву М (моторное), цифру, характеризующую класс кинематической вязкости, и букву, обозначающую принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам. В зависимости от кинематической вязкости масла подразделяют на классы (табл. 9.1). Дробные классы указывают, что по вязкости при температуре- 1 8°С масла соответствует классу, указанному в числителе, а по вязкости при 100°С классу, указанному в знаменателе.

Таблица 9.1

Классы вязкости моторных масел				
Класс	у, сСт	Класс	у, сСт	У-18,сСт
6	5,6-7,0	3з/8	7,0-9,5	
8	7,0-8,5	4з/6	5,6-7,0	<2500
10	9,5-11,5	4з/8	7,0-9,5	<2600
12	11,5-13,0	4з/10	9,5-11,5	<2600
14	13,0-15,0	5з/10	9,5-11,5	<2600
16	15,0-18,0	5з/14	13,0-15,0	<6000
20	18,0-23,0	6з/10	9,5-11,5	<6000
		6з/14	13,0-15,0	< 10400
		6з/16	15,0-18,0	< 10400

В зависимости от уровня эксплуатационных свойств и области применения масла делят на следующие группы:

А- для нефорсированных карбюраторных двигателей и дизелей;

Б]- для малофорсированных карбюраторных двигателей;

Б2- для малофорсированных дизелей;

В1- для среднефорсированных карбюраторных двигателей;

В2- для среднефорсированных дизелей;

Гг высокофорсированных карбюраторных двигателей;

IV для высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом;

Д - для высокофорсированных дизелей с наддувом;

Е - для лубрикаторных систем смазывания цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы.

Индекс 1 присваивают маслам для карбюраторных двигателей, индекс 2-для дизелей. Универсальные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и карбюраторных двигателях одного уровня форсирования; индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к

разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качества масла как дизельного, второе- как карбюраторного.

Примеры обозначения моторных масел: М-8-В1 - моторное масло класса вязкости 8 предназначено для среднефорсированных карбюраторных двигателей (В)]; М-6з/10-В- моторное масло класса вязкости 6з/10 (6- класс вязкости при температуре минус 18°С; 10-класс вязкости при температуре 100°С), универсальное для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей (В). Индекс «з» при цифре указывает, что масло загущено вязкостной присадкой, предназначено для применения в зимнее время и как всесезонное.

После основного обозначения в скобках может быть указано дополнительное, характеризующее отличные признаки масла, например, "рк"-рабоче-консервационное, К- с композицией присадок, "Цл"- для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем; "20", "30"-значение щелочного числа и т.д.

Соответствие классов вязкости и групп моторных масел системам SAE и API приведено в табл. 9.2 и 9.3

Таблица 9.2.

Соответствие классов вязкости моторных масел системе SAE

ГОСТ 17479.1-85	SAE	ГОСТ 17479.1-85	SAE
6	20	3з/8	5w/20

8	20	4з/6	10w/20
10	30	4з/8	10w/20
12	30	4з/10	10w/30
14	40	5з/10	15w/30
16	40	5з/12	15w/30
20	50	6з/Ю	20w/30
		6з/12	20w/30
		6з/14	20w/40
		6з/16	20w/40

Таблица 9.3

Ориентировочное соответствие групп моторных масел системе API

ГОСТ 17479.1-85	API	ГОСТ 17479.1-85	API
А Б Е1 Б2 В	SB SC/CA sc CA SD/CB	Г Fi Г2 Д Е	SE/CC SE CC CD

9.7 Марки моторных масел для карбюраторных и дизельных двигателей

Назначение и применение моторных масел для двигателей автомобилей, тракторов, самоходных машин, используемых в сельскохозяйственном производстве, приведены в таб. 9.4.

Таблица 9.4

Назначение и применение моторных масел

Марка масла	Область применения
М-8-В]	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие на бензине А-76; Среднефорсированные дизели при эксплуатации в зимних условиях.
М-4з/6-В1 (АСЗп-8)	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие на бензине А-76 при температуре до минус 35°С.
М-4з/8-В (АСЗп-8) М- бз/10-В (ДВ- АСЗп-10)	Всесезонные (в условиях умеренного климата) масла для карбюраторных двигателей среднего уровня форсирования, а также дизелей

М-8-Г] М-10-Г] М-12-П М-5з/10-Г] М- бз/12-Fi	Высокофорсированные карбюраторные двигатели легковых автомобилей, работающие на бензине АИ-93 .
М-8-В2 М-10-В2	Автотракторные дизели среднего уровня форсирования без наддува (СМД-14, А-41, Д-50, Д-37М, Д-65) зимой и летом.
М-12В2	Среднефорсированные автотракторные дизели без наддува летом.
М-4з/8- В2Г\	Высокофорсированные карбюраторные и Среднефорсированные дизельные двигатели автомобилей зимой и летом.
М-4з/8- Г(рк)	Высокофорсированные двигатели в период эксплуатации и хранения.
М-10- В2(с)	Автотракторные дизели без наддува (СМД-14, А-41, Д-50 и др.) летом.
М-8-Г2 М-10-Г2	Высокофорсированные автотракторные дизели (без наддува или с умеренным наддувом) при работе зимой и летом (Д-240, СМД-60, СМД-62, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-238НБ).
М-8-Г2 (к) М-10-Г2(к)	Двигатели автомобилей КамАЗ, автобусов «Икарус» соответственно зимой и летом.
М-4з/8-Г2	Высокофорсированные автотракторные дизели (без наддува или с умеренным наддувом) при работе в северных условиях.
М-4з/8-Д	Высокофорсированные автотракторные дизели (с наддувом) при работе в северных условиях.
М-8-Д(м) М-Ю-Д(м)	Высокофорсированные автотракторные дизели (с наддувом) тяжелых тракторов, комбайнов, автомобилей при эксплуатации в зимних и летних условиях

Глава 10. Изменение качества моторных масел при эксплуатации двигателей

10.1 Характеристика напряженности работы моторного масла в двигателе

Показателем, дающим возможность по напряженности двигателя подобрать соответствующее масло, может служить количество тепла, отводимое от деталей двигателя маслом.

Количество отводимого тепла находится в зависимости от мощности двигателя, расхода топлива и подачи масляного насоса, косвенно связанной с вместимостью смазочной системы. Предлагаемый оценочный показатель - коэффициент напряженности работы масла в двигателе, или просто коэффициент маслонпряженности (кВт, мин) представляет собой мощность двигателя, приходящую в 1 минуту на 1 л. прокачиваемого масла в смазочной системе двигателя:

$$F_m - N_e / Q_n, (\text{Ю.1})$$

где N_e - эффективная мощность двигателя, кВт;

QH - подача масляного насоса, л/мин.

Коэффициент маслонапряженности косвенно учитывает основные условия работы масла в двигателе: эффективное давление в цилиндре, скорость движения поршня, частоту вращения коленчатого вала, число тактов двигателя, количество выделяемой теплоты.

Чем большее значение маслонапряженности двигателя, тем выше должно быть качество масла.

Значение (рм составляет: для двигателей с турбонаддувом - 2,54; для СМД-14-1,5; Д-50-1,35; Д- 37М- 1,33; Д- 54- 1,12; Д-20- 1,0, т.е. чем меньше теплонапряженность двигателя, тем меньше значение коэффициента.

На практике реально оценивать изменение качество масла в двигателе, подбирать моторное масло соответствующей марки, устанавливать оптимальные сроки работы его до замены целесообразнее по результатам стендовых и эксплуатационных испытаний двигателя; своевременная замена масла представляет собой одно из важных условий надежной и долговечной работы двигателя, а также наиболее рационального и экономного использования самого масла.

10.2 Освежение моторного масла

При работе в двигателе моторное масло постоянно освежается за счет периодического долива новых порций, компенсирующих испарение, угар и утечку работающего. Общий расход масла составляет 150-300 г/ч. Поэтому за период работы масло несколько раз обновляется.

Полное освежение моторного масла можно вычислить по формуле:

$$M = (VM - V) / VM! \quad (10.2)$$

где VM - первоначальное количество масла, залитого в картер двигателя, кг;

Частичное освежение выражается отношением:

$$m = P / VM, \quad (Ю.3)$$

где P - количество доливаемого масла, кг.

Первоначально залитое масло и доливаемое в процессе работы интенсивно перемешиваются в смазочной системе, и расходуется смесь, состоящая из неравных частей масла, проработавшего различное время.

10.3 Роль маслоочистительных устройств двигателей в изменении качества моторного масла

Моторное масло загрязняется примесями органического (смолисто-асфальтовые соединения, углеродистые частицы и кислые продукты окисления углеводородов масла) и неорганического происхождения (продукты износа трущихся деталей двигателя, сработавшая часть присадок, а также попадающие в масло пыль, песок, вода и т.п.). Неорганические загрязнения попадают в моторное масло и накапливаются в нем, вызывают интенсивное изнашивание трущихся деталей. Поэтому совершенствование очистки масла имеет большое значение для повышения надежности и долговечности работы двигателей и увеличения срока службы масла.

Значение коэффициента очистки моторного масла в центрифуге двигателей составляет 0,65-0,80, от несгораемых примесей = 0,4-0,5. Значит, в моторном масле более половины металлосодержащих компонентов присадок не отфильтровывается применяемыми центрифугами.

10.4 Изменение физико-химических и эксплуатационных показателей моторного масла

Рассмотрим изменение показателей моторного масла при работе двигателей 600-700 часов без замены в условиях нормальной эксплуатации.

Механические примеси наиболее интенсивно накапливаются в моторном масле в первые 60-120 ч, его работы, а затем процесс стабилизируется.

Вязкость масла наиболее интенсивно возрастает впервые 60-180 60-180 процесс стабилизируется, и вязкость практически сохраняется на достигнутом уровне. Вязкость масла увеличивается на 2,5-3,5 мм /с при 100°С. Это объясняется испарением в первый период работы масла его легкокипящих маловязких фракций и накоплением в нем поляризованных и конденсированных продуктов окисления.

Щелочность является характеристикой количества введенных в масло щелочных присадок. Интенсивное снижение щелочности масла наблюдается в первый период его работы (60-120ч). Введенная в масло присадка снижает отложения на деталях двигателя, т.е. повышает надежность его работы.

Продукты окисления - смолы интенсивно накапливаются в масле в первый период его работы (до 250 ч), а затем их содержание снижается, что объясняется переходом смол в асфальгены в результате протекающих окислительных процессов и полимеризации. Содержание асфальгенов в масле увеличивается в течение более длительного периода работы масла (до 450-500 ч) в результате полимеризации и конденсации смолистых веществ и переход их в асфальгены.

Термоокислительная стабильность моторного масла при работе в дизелях изменяется незначительно. Коррозионность масла достигает 20-25г/см². При этих изменениях моторного масла в двигателях не происходит повышенного нагарообразования, закоксовывания поршневых колец и коррозии вкладышей подшипников.

При повышении температуры масла увеличивается износ деталей, повышается расход топлива, возрастает угар масла.

Изменение эксплуатационных и физико-химических показателей моторного масла взаимосвязано с техническим состоянием двигателей, Поэтому значение этих показателей могут быть использованы для оценки технического состояния двигателя.

Глава 11. Пути совершенствования и эффективного использования моторных масел

11.1 Повышение эксплуатационных свойств моторных масел воздействием ультразвука

Повышение эксплуатационных свойств масел можно добиться обработкой его перед применением ультразвуком. При этом получается мелкодисперсный коллоидный раствор металлосодержащей присадки в масле, в результате чего присадка в меньшей степени выпадает в осадок и большее время сохраняет свою работоспособность. Максимального улучшения эксплуатационных свойств моторных масел можно достичь при их обработке ультразвуком с частотой колебаний около 2 кГц и мощностью 15 кВт/М³ с разовым объемом 30-40 л масла (высота столба 25-35 см) в течение 1 ч. В обработанных маслах массовая доля продуктов окисления на 25% ниже, износ деталей сократился в среднем на 30-35%, а загрязненность поршней уменьшилась примерно на

20%. Одновременно срок работы таких моторных масел повысился с 240 до 600 моточасов, что сэкономило экономило масла.

Масло, обработанное ультразвуком, имеет более высокую эффективность действия присадки.

11.2 Техничко-экономические мероприятия при эксплуатации машин

Для ликвидации потерь моторных масел от разлива и утечек при заправке машин и хранении следует применять механизированные средства заправки и технического обслуживания. При этом исключаются случаи загрязнения и обводнения масел.

Главным фактором в снижении угара масла является сохранение компрессии цилиндропоршневой группы и сбрасывающей способности масло-съемных колец. Поршневые кольца и поршня следует заменять своевременно, чтобы не допускать увеличения угара моторного масла и как следствие резкого повышения отложения нагара.

Магнитная очистка совместно с очисткой на центрифуге позволяет практически полностью удалять из масла продукты износа. При установке магнита в смазочной системе позволяет снизить износ деталей на 15-20%,

Периодическое добавление в работающее моторное масло присадки позволяет сохранять эксплуатационные свойства масел на более высоком уровне и увеличить срок работы моторного масла до замены в 2-3 раза. При периодическом введении присадки в моторное масло уменьшаются лака- и нагароотложения и износ деталей двигателя.

Увеличение срока работы масла в двигателе - это наиболее эффективный вариант сокращения его потребления. Раньше срок замены масла и двигателей тракторов был равен 120 ч, затем 240, а сейчас у многих тракторов составляет 480 ч. Это оказывается возможным за счет значительного повышения качества моторных масел и вводимых в них высокоэффективных присадок, а также совершенствования условий работы масла в двигателях и улучшения технического обслуживания тракторов.

Срок замены моторных масел в каждом конкретном случае необходимо устанавливать на основе производственных испытаний.

Глава 12. Эксплуатационные свойства и применение трансмиссионных и других масел

12.1 Условие работы и требования, предъявляемые к трансмиссионным маслам

Для смазывания коробок передач, главных и бортовых передач, раздаточных коробок, дифференциалов, механизмов рулевого управления, представляющих собой зубчатые передачи (цилиндрические, конические, червячные, гипоидные и др.), применяют трансмиссионные масла. Большинство зубчатых передач этих видов смазывается способом погружения механизма и последующим разбрызгиванием масла.

Условие работы трансмиссионных масел существенно отличаются от условий работы моторных масел. Зубчатые передачи машин машинются действию весьма высоких удельных нагрузок. В червячных и конических зубчатых передачах удельные нагрузки на зубья шестерен достигают 1500-2000 МПа, а в гипоидных передачах - 3000-4000 МПа. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий достигает 125-140°C, а в местах контакта зубчатых зацеплений - 250°C.

Трансмиссионное масло должно обладать низкой температурой застывания и соответствующей вязкостью. Трансмиссионные масла должны отвечать следующим требованиям:

- предотвращать или уменьшать износ рабочих поверхностей зубьев шестерен и других высоконагруженных деталей;
- уменьшать потери на трения и обеспечивать высокий КПД зубчатых передач;
- хорошо отводить тепло и удалять с трущихся поверхностей продукты износа и механические примеси;
- обеспечивать работу поверхностей деталей механизмов трансмиссий без коррозии;
- не вспениваться;
- не изменять в процессе работы своих первоначальных свойств;
- обеспечивать плавное трогание машины при различных температурах окружающей среды.

12.2 Свойства трансмиссионных масел

Противоизносные и противозадирные свойства указанных масел являются основной их характеристикой. Они обеспечиваются высокой смазывающей способностью, при которой на трущихся поверхностях зубьев шестерен создается прочная пленка, благодаря наличию поверхностно-активных веществ, содержащихся в наибольшем количестве в высокосмолистых остаточных нефтепродуктов, из которых получают трансмиссионные масла. Для повышения противозадирных свойств в масла вводят специальные присадки, включающие соединения хлора, фосфора, серы и цинка. Эти вещества при большом давлении и высокой температуре образуют пленки оксидов, предохраняющие металл от схватывания в точках контакта.

С понижением температуры вязкость трансмиссионных масел резко увеличивается. Поэтому в зимнее время допускаются большие потери мощности в механизмах трансмиссии. Важным показателем, характеризующим пригодность трансмиссионного масла для применения в зимних условиях, является температура застывания. Для понижения температуры застывания широко применяется присадка - депрессор АзНИИ, которую добавляют в количестве 0,2-0,5%.

В трансмиссионных маслах не допускается содержание водорастворимых кислот и щелочей. Наличие серы в масле улучшает Противоизносные и противозадирные свойства.

Важным эксплуатационным свойством трансмиссионного масла является не вспениваемость. В трансмиссионных маслах не допускается содержание воды и абразивных механических примесей.

12.3 Классификация и обозначение трансмиссионных масел

Обозначение трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 состоит из групп первая из которых обозначается буквами ТМ (трансмиссионное масло); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам; третья - обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости.

В зависимости от кинематической вязкости при температуре 100°С трансмиссионные масла делят на классы (табл. 12.1).

Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, сСт
9	6,00-10,99
12	11,00-13,99
18	14,00-24,99
34	25,00-41,00

В зависимости от эксплуатационных свойств трансмиссионные масла делят на 5 групп (табл. 12.2)

Таблица 12.2

Группы трансмиссионных масел

Группа масел	Состав масла	Рекомендуемая область применения масла
1.	Минеральные масла без присадок.	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактном напряжении 900-1600 мПа и температуре масла до 90 град. С.
2.	Минеральные масла с противоизносными присадками.	То же, при контактных напряжениях 1100-2100 мПа и температуре масла до 130 град. С.
3.	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности.	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 мПа и температуре масла до 150 град. С.
4.	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности.	То же, работающие при контактных напряжениях до 3000 мПа и температуре масла до 150 град. С.
5.	Минеральные масла с композицией противозадирной, моющей и антипенной присадок.	Гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях свыше 3000 мПа и температуре масла до 150 град. С.

Трансмиссионное масло ТМ-1-18 (ГОСТ 174-79.2-85) соответствует ТС-14,5 и АК-15; ТМ-2-18 -ТСп-10 ЭФО; ТМ-2-34 - Тэп-15;ТМ-3-9 - ТС и ТСзп-8; ТМ-3-18 ТСп-10; ТМ-5-9 - ТСп-15 и ТАП-15В; ТМ-5-18 - ТСз-9гип, ТАД-17И; ТМ-5-34 - ТСгип; ТМ-5-12з (рк) - ТМ5-12 (рк).

Пример обозначения трансмиссионных масел - ТМ-5-9з: TV1 -трансмиссионное масло; 5- группа масла; 9 класс вязкости; з - масло содержит загущающую присадку.

Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по настоящему стандарту классификации SAE и API приведены в табл. 12.3 и 12.4.

Таблица 12.3

класс вязкости	класс по SAE	Группа	Группа по API
9		TM-1	GL-1
12	75W	TM-2	GL-2
18	80W/85W	TM-3	GL-3
34	90	TM-4	GL-4
	140	TM-5	GL-5

Таблица 12.4

Индекс W - загущенные масла.

Масло базовое ТС -14,5 (ТУ 38 101110 - 86) применяют в качестве основы некоторых трансмиссионных масел и дисперсионной среды некоторых пластичных смазок. Масло по эксплуатационным свойствам 1 группы, класс вязкости 18.

Масло АК -15 (ТУ 38 001280 - 76) применяют для смазывания различных трансмиссий прямозубых и червячных передач. Для снижения температуры застывания масла вводят депрессатор АзНИИ. Масло 1 группы, класс вязкости 18.

Масло ТСп - 10ЭФО с присадкой ЭФО (ТУ 38 101701 - 77). Для снижения температуры застывания в масло вводят депрессорные присадки (АФК или АзНИИ-ЦИАТИМ-1), Масло применяют для дизелей всесезонно в северных районах и как зимнее -в средней климатической зоне. Используют при температуре окружающей среды до минус 30-3 5°С. Масло 2 группы, класс вязкости 9.

Масло ТЭп-15 (ГОСТ 23652-79) с противоизносной присадкой ЭФО и депрессорной присадкой АФК применяются в качестве всесезонного трансмиссионного масла для тракторов и других сельскохозяйственных машин в районах с умеренным климатом. Масло 2 группы, класс вязкости 18. Рабочий температурный диапазон - 20 ... +100°С.

Масло ТС (ОСТ 38 01260-82) применяют в коробках передач и рулевом управлении автомобилей, кроме ВАЗ. Сырьем является вязкие нефтяные остатки с высоким содержанием ароматических углеводородов, либо экстракты селективной очистки масел. Добавляют серу (до 1,2%). Для улучшения низко температурной характеристики масла добавляют осерненное растительное масло. Масло 2 группы, класс вязкости 34.

Масло ТС зп - 8 (ОСТ 38 01365 - 84) с противозадирной, противоизносной, антиокислительной и антипенной присадками. Масло предназначено для смазывания агрегатов трансмиссии, имеющих планетарные редукторы коробок передач и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств. Масло 3 группы, класс вязкости 9.

Масло ТСп - 10 автомобильное с противозадирной присадкой ОТП (ГОСТ 23652 - 79). Вводят также депрессорные присадки (АФК или АзНИИ -ЦИАТИМ -1). Масло применяют всесезонно в северных районах и как зимнее -в средней климатической зоне. Используют при температуре окружающей среды до -30 -35°С. Масло 3 группы, класс вязкости 9.

Масло ТСп -15К (ГОСТ 23652 - 79) единое для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими шестернями) автомобилей КамАЗ. Масло с композицией присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные,

низкотемпературные и антипенные свойства. Работоспособно при температурах - 20 ... +130°С.

Масло ТАЛ - 15В (ГОСТ 23652 - 79) с противозадирными присадками ОТП или

ЛЗ - 23К. Присадки обладают хорошими противозадирными свойствами, благодаря высокому содержанию активной серы (20 - 22% в первом случае и 36 - 40% - во втором). Применяют в трансмиссиях грузовых автомобилей. Рабочая температура до +130°C. В средней климатической зоне используют всесезонно до -25°C. Масло ТСп -15К и ТАЛ -15В 3 группы, класс вязкости 18.

Масло ТСз -9гип (ОСТ 38 01158 - 78), загущенное полимерной вязкостной присадкой, стойкое против деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло работоспособно в интервале температур -50 ...

+120°C, применяется в различных автомобильных трансмиссиях, включая гипоидные. Масло 5 группы, класс вязкости 9.

Масло ТСп -14гип (ГОСТ 23652 - 79) вырабатывают на основе масла ТС -14,5 с композицией противозадирной, моющей и антипенной присадок. Предназначено для смазывания гипоидных передач грузовых автомобилей (в основном семейство ГАЗ) и специальных машин в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Диапазон рабочих температур масла - 25 ... +130°C.

Масло ТАД -17И (ГОСТ 23652 - 79) минеральное с хорошо сбалансированной серо- и фосфорсодержащей композицией присадок, также улучшающей антиокислительные, и антиржавейные и противопенные свойства. Благодаря хорошему индексу вязкости и депрессорной присадке, масло работоспособно до -25°C. Предназначено для смазывания гипоидных ведущих мостов и коробок перемены передач легковых автомобилей ВАЗ, ГАЗ и АЗЛК. Масло ТСп -14гип и ТАД -17И 5 группы, класс вязкости 18.

Масло ТСгип (ОСТ 38 01260 - 82) предназначено для смазывания тяжело нагруженных гипоидных и других зубчатых передач. Масло 5 группы, класс вязкости 34.

Масло ТМ 5-12 (рк) универсальное всесезонное рабоче- консервационное масло, предназначенное для эксплуатации и консервации агрегатов трансмиссии автомобилей, имеющих гипоидные; спирально- конические, червячные и цилиндрические передачи. Представляет собой глубокоочищенную низкозастывающую нефтяную основу, в состав которой вводят хорошо сбалансированную композицию присадок, улучшающую такие функциональные свойства масла, как противозадирные, противоизносные и антиокислительные, антиржавейные, антипенные и др., а также консервационную присадку НГ -107Т. Масло 5 группы, класс вязкости 12.

В коробке передач тракторов Т -150К и Т -130, в коробке и трансмиссии К -701 применяют моторное масло.

12.4 Масла для гидромеханических передач

Масла должны обладать соответствующими вязкостными; противоизносными и антиокислительными свойствами и важным являются следующие характеристики фрикционных свойств:

-коэффициенты статического и динамического трения, от которого зависит эффективность работы фрикционных дисков сцепления.

В гидромеханических коробках передач применяются масла с пониженной вязкостью и хорошей смазывающей способностью. Масла должны обладать хорошими антикоррозионными и антипенными свойствами, совмещаться с различными уплотнительными материалами.

Масло для гидромеханических передач вырабатывают на базе маловязких фракций сернистых парафиновых нефтей посредством их селективной очистки, глубокой депарафинизации и загущают вязкостными присадками. Используют эти масла в различных областях: автоматические трансмиссии и гидротрансформаторы легковых и

грузовых автомобилей, автобусов, насосы гидравлического усиления рулевого управления, коробки передач с переключением ступеней при помощи сервопривода, а также различные гидравлические механизмы с крыльчатými и поршневыми насосами. Выпускают три марки масел:

- марка А (ОСТ 38 01434 - 87) для гидротрансформаторов и автоматических коробок передач;
- марка Р (ОСТ 38 01 434 - 87) для системы гидроусилителя руля и гидрообъемных передач;
- МГТ (ТУ 38 101 103 - 87) для гидромеханических коробок передач и различных гидравлических передач.

Глава 13. Эксплуатационные свойства и применение пластичных смазок

13.1 Виды и назначение смазок

Пластичные смазки представляют собой мазеобразные продукты. Вещество пластичной смазки состоит из структурного каркаса, образованного твердыми частицами загустителя (дисперсная среда), и жидкого масла, включенного в ячейки этого твердого каркаса (дисперсионная среда).

Пластичные смазки состоят из смеси минерального масла и других жидкостей (80 - 90%) и загустителя (10 - 20%); в небольшом количестве вводятся наполнители; стабилизаторы и присадки, Основное свойство смазке придает загуститель.

Загустители бывают мыльные и немыльные. К мыльным относятся соли натуральных и синтетических жирных кислот, из которых наиболее широко применяются кальциевые, литиевые, натриевые, бариевые, алюминиевые, цинковые, свинцовые соли др. Смазки с этими загустителями могут быть средне- и высокотемпературными.

К немыльным загустителям относятся твердые углеводороды- парафины, церезины, воски, озокериты и подобные им продукты. Смазки с такими загустителями являются влагостойкими и низко температурными. Они применяются в основном как консервационные защитные смазки.

Нефтяные масла используют прежде всего для производства смазок общего назначения, работоспособных в интервале температур от -60 до 150°C. Для узлов трения, работающих за указанным диапазоном температур, применяют смазки, приготовленные на синтетических маслах. На них можно приготовить смазки, работоспособные от -100 до 350°C и выше.

Из кремнийорганических жидкостей наиболее часто в качестве дисперсионных сред используют полиметилсилоксаны и полиэтилсилоксаны.

Назначение смазок весьма обширно: смазывание открытых и негерметичных узлов трения и механизмов, труднодоступных узлов трения, где следует обеспечить длительный срок службы смазки; длительная консервация машин и рабочих поверхностей; герметизация подвижных уплотнений, наполнение герметизированных подшипников; смазывание механизмов, в которых недопустимо разбрызгивание смазочного масла и т.п.

В соответствии с ГОСТ 23258 - 78 пластичные смазки по применению делятся на : антифрикционные - общего назначения для обычных и повышенных температур, многоцелевые, низкотемпературные и

высокотемпературные; защитные - общего назначения и канатные; уплотнительные _ арматурные, резьбовые и вакуумные.

Показатели качества для всех видов смазок следующие: внешний вид, содержание воды и механических примесей, коррозионная активность. Показатели качества для

отдельных видов смазок - предел прочности; температура каплепадения; эффективная вязкость; содержание свободных щелочей и органических кислот; коллоидная и механическая стабильность; термоупрочнение; испаряемость; содержание водорастворимых кислот и щелочи; показатели защитных, противозадирных и противоизносных свойств; растворимость в воде.

13.2 Наименование и обозначения смазок

Наименование смазки обычно состоит из одного слова, а для модификации дополнительно используют буквенные или цифровые индексы. Обозначения пластичной смазки характеризует ее назначение, состав и свойства. Обозначение состоит из 5 буквенных и цифровых индексов, которые располагаются в следующем порядке и указывают: группу (подгруппу) в соответствии с назначением смазки; загуститель; рекомендованный (условный) температурный интервал применения; дисперсионную среду; консистенцию смазки.

Группу или подгруппу смазки обозначают индексами - прописными буквами русского алфавита: С - общего назначения для обычных температур (солидолы); О - общего назначения для повышенных температур; М - многоцелевые; Ж - термостойкие; Н - морозостойкие; И - противозадирные и противоизносные; Х - химически стойкие; П. - приборные и т.д.

Тип загустителя (мыло, углеводороды твердые, органические, неорганические) в смазке обозначают также буквами русского алфавита. Индексы загустителей смазок: Мыла (М): алюминиевое (Ал), бариевое (Ба), кальциевое (Ка), литиевое (Ли), натриевое (На), свинцовое (Св), цинковое (Ци), комплексное (кМ), смесь мыл (Ми-М2);

Углеводороды твердые (Т);

Органические (О): пигменты (Пг), полимеры (Пм), уреаты (Ур), фторо-углероды (Фу);

Неорганические (Н): глины (бетонитовые и др.) (Бн), сажа (Сж), силика-гель (Си).

Индексы М, О, Н применяют только в тех случаях, когда загуститель входящий в одну из трех групп, не предусмотрен выше приведенным перечнем.

Рекомендуемый температурный интервал применения смазки обозначают дробью. В числителе указывают (без знака минус) уменьшенную в 10 раз максимальную температуру (например, индекс 3/12 соответствует температурному интервалу от -30 до 120°C).

Тип дисперсионной среды и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами.

Индексы для составляющих смазки.

Дисперсионная среда: нефтяное масло (н), синтетические углеводороды (у), кремнийорганические жидкости (ж), фторсилоксаны (ф), перфторалкил-полиэфиры (а), прочие масла и жидкости (п);

Твердые добавки: графит (г), дисульфид молибдена (д), порошки свинца (с), меди (м), цинка (ц), прочие твердые добавки (т).

Смесь двух и более масел обозначают составным индексом нк, уэ 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 той или иное масло не предусмотрено указанным перечнем.

Индекс класса консистенции смазки обозначают арабскими цифрами.

Примеры обозначения пластичных смазок.

Смазка СКа 2/8 - 2: буква С - смазка общего назначения для обычных температур (солидол); Ка - загущенная кальциевым мылом; 2/8 - предназначена для применения при температурах -20 ... 80°C; отсутствие дисперсионной среды - приготовлено на нефтяном масле; 2 - пенетрация 265-296 при 25°C.

Смазка УНа 3/12 э3: буква У -узкоспециализированная; На -загущена натриевым мылом; э -приготовлено на сложном эфире.

13.3 Краткая характеристика пластичных смазок

Наиболее распространенными водостойкими смазками являются кальциевые смазки- солидолы. Основную часть вырабатываемых солидолов составляют синтетические.

Синтетические солидолы СКа 2/7 - 2 (ГОСТ 4636-76) готовят загущением масел средней вязкости гидратированными кальциевыми мылами синтетических жирных кислот, полученных окислением парафинов.

Пресс солидол С используют для смазывания узлов трения шасси автомобилей; солидол С- в качестве летней и зимней смазки для различных узлов трения.

Жировые солидолы (ГОСТ 1033-79) загущаются кальциевыми мылами жирных кислот, входящих в состав естественных жиров. Марки: пресс -солидол Ж и солидол Ж.

Графитная смазки СКа 2/8-г3 (ГОСТ 3333-80) готовится из высоковязкого цилиндрического масла с введением кальциевого мыла и графита. Применяется для смазывания рессор.

Автомобильная смазка ОНаКа 3/10-2 (ГОСТ 9432-60) предназначена для смазывания подшипников ступиц колес и др. узлов автомобилей. Хорошо смазывает подшипники качения.

Смазка МЛи 4/12-3 (Литол-24) (ГОСТ 21150-75) - антифрикционная многоцелевая водостойкая. Предназначена для применения в узлах трения колесных и гусеничных транспортных средств, работающих при температуре -40 ... 120°C. В нее добавлена антиокислительная присадка.

Смазка УЛи 4/13-э3 (ЛЗ-31) (ГОСТ 24300-80)- представляет собой синтетическое масло, загущенное стеаратом лития и содержащее вязкостную, антиокислительную и антикоррозионную присадки. Применяется для смазывания закрытых подшипников качения, работающих в интервале температур от - 40 до 130°C.

Смазки ЦИАТИМ -201 (ГОСТ 6267-74) и ЦИАТИМ 203- предназначены для смазывания механизмов, работающих с малым усилием сдвига при температуре -60 ... 90°C.

Карданная смазка УНа 2/10-2 (АМ) (ГОСТ5730-51) применяется при смазывании поворотных цапф переднего ведущего моста автомобилей.

Высокотемпературная смазка ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433-80)-предназначена для узлов трения; работающих при температуре 150 ... 250°C.

Консервационная смазка ПВК- предназначена для защиты от коррозии металлических изделий. Работоспособна при температуре от -50 до 50°C.

13.4 Требования и основные виды смазки

Смазки для автомобилей. В автомобилях смазыванию подлежат подшипники качения ступиц колес, шарниры рулевого управления, подшипники • водяного насоса выжимные подшипники муфты сцепления и т.д. Условия работы смазки в этих узлах трения различны

Широко распространенными смазками для автомобилей являются: автомобильная, синтетический солидол и жировой пресс- солидол Ж, Литол-24,. ЛЗ-31, ЦИАТИМ-201, карданная АМ, ПВК, графитная и др.

Для шарниров поперечной и рулевой тяг, шкворней поворотных кулаков, скользящих вилок и шлицев карданных валов, ступиц передних и задних колес, подшипников водяных насосов и других сборочных единиц рекомендуются солидол С, Литол-24; для выжимного подшипника муфты сцепления ЛЗ-31, подшипников

генератора- ЦИАТИМ-201; для смазывания рессорграфитная смазка; шарниров полуосей и переднего ведущего моста- карданная АМ, Литол-24; для консервации- солидол С, ПВК, и т.д.

Срок замены смазки в большинстве случаев составляет 2-3 тыс. ч.; для шарниров рулевых тяг 1500ч.; для ступиц колес- 6-8тыс.ч.

Расход смазки ОД-0,2кг на 100л израсходованного топлива.

Смазки для тракторов. В тракторах смазывают узлы трения подвески, ходовой части, управления. В основном используют солидол С. Для подшипника водяного насоса, главной передачи, муфты сцепления применяют смазку 1-13, для генераторов - смазку ЦИАТИМ-201.

Для консервации рекомендуются солидол С или смазка ПВК. Срок замены смазки тракторов в зависимости от вида узла трения составляет от 8 до 240 и 500 ч работы. Расход пластичных смазок в большинстве тракторов составляет 0,5-0,8% от расхода топлива.

Смазки для сельскохозяйственных машин. Для смазывания узлов трения и подшипников применяют солидолы. Расход смазок для простых машин составляет 10-15г/га, для комбайнов-100- 140г/га.

13.5 Методы оценки основных показателей и свойств смазок

Показателями качества смазки являются ее упругопластические и прочностные характеристики.

Предел прочности. Критическая нагрузка, превышение которой нарушает пропорциональность между нагрузкой и деформацией, после чего смазка начинает вести себя как жидкость. Такая критическая нагрузка, или напряжение сдвига, называется пределом прочности, который выражается в Па (г/см²). При температуре 20-120°С он равен 50-2000 Па. (0,5-20г/см²).

Предел прочности смазок на сдвиг определяют с помощью пластомера К-2 (ГОСТ 7143-73). Метод основан на определении давления, под действием которого при заданной температуре (20°С) происходит сдвиг смазки в капилляре пластомера.

Важным свойством смазок является их способность восстанавливать прочность после снятия деформации.

Пенетрация характеризует густоту смазки. Значение пенетрации, выражаемое целым числом десятых долей мм по шкале пенетromетра, представляет собой глубину погружения в смазку стандартного конуса под действием собственной массы (150г) в течение 5с. Если конус за 5с опустился в смазку с температурой 25°С на глубину 25мм, то ее пенетрация равна 250. Чем выше значение пенетрации, тем меньше густота (консистенция) данной смазки. Пенетрацию смазок определяют по ГОСТ 5346-78. Для смазок значение пенетрации равно 200-400. Температура каплепадения характеризует температуру плавления смазки и определяется по ГОСТ 6793-74.

Практически установлено, что смазка сохраняет работоспособность до такой температуры смазываемого узла, которая на 15-20°С ниже температуры ее каплепадения. Для современных смазок, загущенных тугоплавкими загустителями (литиевыми или бариевыми мылами), этот показатель не характеризует отмеченных свойств. Так, разность между температурой каплепадения смазок и температурой узла должна быть не менее 70-80°С.

Вязкость пластичных смазок является одним из важных эксплуатационных показателей. Эффективная вязкость пластичных смазок определяют с помощью автоматического капиллярного вискозиметра АКБ (ГОСТ 7163-63).

Стабильность характеризует сохранение смазкой первоначальных свойств в условиях хранения и применения. Для смазки важны физическая стабильность; устойчивость к радиации, характеризующаяся химической стабильностью; инертность к

воде, агрессивным средам, окислению кислородом воздуха и т.д.

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

Различают стабильность коллоидную, механическую и химическую (против окисления). Их определяют соответственно по ГОСТ 7142-74, ГОСТ 19295-73 и ГОСТ 5734-76.

Водостойкость определяет устойчивость смазки к растворению ее в воде, а также неизменяемость ее свойств при попадании влаги. Здесь же учитываются гигроскопичность и проницаемость смазок по отношению к воде и пару.

Противозадирные и противоизносные свойства важнейшие-характеристики смазок, и оценивают их с помощью различных машин трения.

Коррозионную активность смазок определяют по ГОСТ 7934.5-74 следующим образом. Металлические пластины погружают в смазку, выдерживают и затем осматривают. Браковочными признаками являются изменения цвета пластины, появление на ней коррозионных точек и пятен.

Защитные свойства пластичных смазок определяют по ГОСТ 0,054-75. При этом на металлическую пластинку наносят слой смазки, выдерживают ее в условиях повышенной относительной влажности воздуха и температуры без

конденсации, с периодической или постоянной конденсацией влаги на образце. Затем сравнивают цвет и блеск поверхностей испытываемой пластинки и образца.

Глава 14. Основы рационального и экономного использования топлива и смазочных материалов

14.1. Пути экономии и сокращения потерь нефтепродуктов

В целях экономии при обращении с нефтепродуктами и эксплуатации машино-тракторного парка необходимо:

- знать ассортимент и свойства нефтепродуктов;
- правильно организовать работу нефтесклада хозяйства (фермы), постов заправки и оснастить их необходимыми техническими средствами, обеспечивающими механизированный слив, отпуск и заправку;
- использовать наряды со стационарным оборудованием передвижные механизированные средства для заправки машин непосредственно при работе агрегатов в поле;
- при хранении не допускать ухудшения качеств нефтепродуктов;
- применять при транспортировании исправные технические средства;
- содержать в нормальном состоянии систему питания и смазки, механизмов двигателей тракторов, автомобилей и комбайнов.

К большим потерям топлива приводят подкапывания при заправке, просачивания через микротрещины в сварном шве (потение), неплотные соединения трубопроводов, кранов и люков. Чтобы избежать таких потерь, необходимо своевременно и тщательно проводить техническое обслуживание и ремонт оборудования постов заправки и нефтескладов.

Большое количество нефтепродуктов теряется при нагревании резервуаров солнечными лучами. Необходимо предусмотреть подземную установку резервуаров.

Один из способов экономного расходования топлива- наиболее полная загрузка двигателя. Необходимо своевременно проводить техническое обслуживание тракторов и автомобилей.

14.2 Сбор и повторное использование отработанных масел

Отработанные нефтепродукты делятся на три группы: масла отработанные моторные (ММО); масла индустриальные отработанные (МИО), а также турбинные и компрессорные масла; смесь нефтепродуктов отработанных (СНО) (масел, бензина, керосина и дизельного топлива). Смазочные масла первых двух групп идут на регенерацию (восстановление), а затем на повторное использование для тех же машин с дополнительным введением соответствующих присадок. Восстановленные масла по качеству не уступают свежим.

Показатели качества отработанных масел должны отвечать требованиям ГОСТ 21046-81.

14.3 Техника безопасности и противопожарные мероприятия при обращении с нефтепродуктами

Все виды нефтепродуктов огнеопасны и вредны для здоровья человека. Необходимо проводить инструктаж каждого работника и строгое соблюдение правил техники безопасности и противопожарных мероприятий.

На нефтескладах и стационарных постах заправки необходимо соблюдать установленные нормы противопожарных разрывов между сооружениями внутри о до окружающих построек.

Во избежании появления искр от разрядов статического электричества все трубопроводы и резервуары заземляют стационарные посты заправки оборудуют молниеотводами. Нефтесклады оснащают комплектами первичных средств пожаротушения.

Нефтепродукты по степени огнеопасности делятся на легковоспламеняющиеся (бензин, керосин и дизельное топливо) и горючие (смазочные масла различных групп). При тушении горящих нефтепродуктов применяют химическую пену, углекислый газ, песок и землю. Использовать воду запрещается. Применяют пенные и углекислотные огнетушители. Пенные ОП-3, ОП-5 и ОПМ. Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8. Нефтепродукты в емкостях тушат огнетушителями, направляя струю на стенки и края очага, так чтобы не разбрызгивать горящий нефтепродукт.

Огнетушители вместе с противопожарными инвентарем размещают на специальных щитах у приемораздаточных площадок, на заправке, складах и других местах, где проводят операции с нефтепродуктами. Вблизи противопожарных щитов ставят ящики с песком.

РАЗДЕЛ III. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава 15. Жидкости для охлаждения двигателей внутреннего сгорания

15.1 Назначение, виды охлаждающих жидкостей и требования к ним

Для обеспечения нормальной работы двигателя внутреннего сгорания необходимо постоянно отводить теплоту от нагреваемых деталей.

Количество теплоты, отводимой при охлаждении, колеблется в пределах 25-35% от общей теплоты, выделяющейся при сгорании рабочей смеси.

Охлаждение автотракторных двигателей может быть воздушным и жидкостным.

Последнее более распространено,

82

Охлаждающая жидкость должна отвечать следующим основным требованиям:

- иметь достаточно высокую температуру кипения и теплоемкость; обладать температурой замерзания ниже температуры окружающего воздуха;
- не образовывать на водяной рубашке двигателя и приборах системы охлаждения накипи;
- не вызывать коррозию деталей двигателя и быть нейтральной к уплотнительным соединениям в системе охлаждения;
- быть безопасной в обращении, дешевой и универсальной.

Существенный недостаток обыкновенной воды как охлаждающей жидкости - высокая температура замерзания, что затрудняет ее применения в зимнее время.

Другим недостатком является наличие в воде различных растворимых солей, способных в виде накипи откладываться на поверхностях деталей водяной рубашки. Из-за низкой теплопроводности накипи ухудшается охлаждение двигателя.

Кроме того, вода может корродировать металл деталей, что приводит к снижению их прочности и снижению надежности работы двигателя.

При отрицательных температурах применяют низкотемпературные охлаждающие жидкости. Коэффициент их расширения относительно высок, что не позволяет целиком заполнить систему охлаждения. Многие антифризы отрицательно действуют на уплотнительные резинотехнические изделия, сравнительно дороги и т.д. Однако низкая температура их замерзания обеспечивает надежную работу системы охлаждения при минусовых температурах окружающего воздуха.

15.2 Низкотемпературные охлаждающие смеси (антифризы)

Наилучшей низкотемпературной жидкостью является смесь этиленгликоля и дистиллированной воды. В зависимости от требуемой температуры замерзания смесь может быть приготовлена в любых соотношениях. В чистом виде этиленгликоль - бесцветная прозрачная жидкость, без запаха, температура замерзания ее $-11,2^{\circ}\text{C}$. Максимально низкой температурой замерзания (-75°C) обладает смесь, содержащая 66,7% этиленгликоля и 33,3% воды (рис. 3.1).

Положительным качеством этиленгликолевых смесей является то, что они не образуют в системе охлаждения накипи.

Промышленность выпускает чистый этиленгликоль, а также водно-этиленгликолевые смеси двух марок А-40 и А-65 (цифра обозначает температуру замерзания смеси). В АВ А-40 53% этиленгликоля и 47% воды, в А-65 - 65% этиленгликоля и 35% воды. Этиленгликоль ядовит.

Перед заполнением системы этиленгликолевой жидкостью ее тщательно промывают смесями на 50-70% меньше объема. При нагревании этиленгликолевой жидкости при эксплуатации двигателя из нее испаряется вода. Поэтому убыль в системе охлаждения восполняют дистиллированной водой.

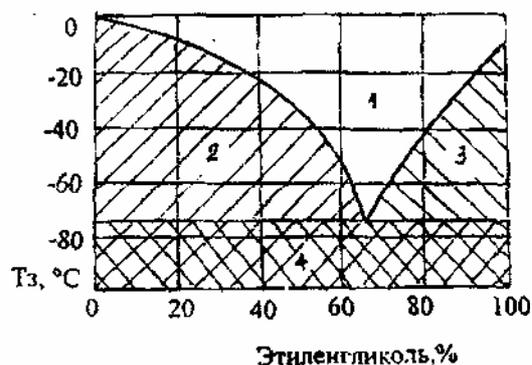


Рис 151 Кривая кристаллизации водоэтиленгликолевых смесей:

1-раствор; 2- кристаллы льда + раствор; 3- кристаллы этиленгликоля + раствор; 4- кристаллы льда и этиленгликоля.

Прежде, чем долить воду в систему охлаждения, следует проверить состав смеси гидрометром. Он определяет значение концентрации этиленгликоля в растворе и температуру замерзания. Каждому составу смеси соответствует определенная плотность. Если концентрация этиленгликоля завышена, добавляют воду до стандартного состава смеси.

Плотность жидкости А-40 при температуре 20°C составляет 1,07, жидкости А-65 - 1,084.

При переходе машины на летнюю эксплуатацию антифриза сливают в чистую посуду. После фильтрации он может быть повторно использован. Система охлаждения после этого хорошо промывают чистой водой.

Для легковых автомобилей «Жигули», «Волга», «Москвич», грузовых автомобилей КамАЗ, тракторов К-701 и других марок машин широко применяют всесезонную низкотемпературную жидкость Тосол, приготовленную на основе этиленгликоля с добавлением 2,5 - 3,0% сложной композиции противокоррозионных и антипенной присадок. Выпускают Тосол А, Тосол А-40 и Тосол А-65 (ТУ 602751-73). Окрашивают в зелено-голубой цвет. Смесь концентрированного Тосола А и воды в соотношении 1:1 имеет температуру начала кристаллизации -35°C.

Водный раствор Тосола А с температурой застывания не выше -40°C маркируют как Тосол А-40, с температурой -65°C как Тосол А-65. Тосол А имеет плотность в пределах 1,12-1,14, Тосол А-40 - 1,075-1,085 и Тосол А-65 - 1,085-1,095 г/см³. При уменьшении объема Тосола в системе охлаждения двигателя доливают дистиллированную воду. Заменяют Тосол в системе охлаждения через 2 года.

Глава 16. Рабочие жидкости для гидравлических систем

16.1 Общие требования и свойства

Основная функция рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем - передача механической энергии от ее источника к месту использования с обеспечением изменения величины или направления приложенной силы.

В постоянном совершенствовании конструкций гидравлических приводов отмечаются следующие тенденции:

- повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей;
- сокращение 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 гидравлической системы, что ужесточает требования к чистоте рабочих жидкостей.

Гидравлические жидкости должны:

- иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные характеристики в широком диапазоне температур, т.е. высокий индекс вязкости, или пологую вязкостно- температурную характеристику;

- обладать высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью;

- защищать детали гидравлического привода от коррозии;

- обладать хорошей фильтруемостью;

- иметь необходимые деаэрирующие, деэмульгирующие и антипенные свойства;

- характеризоваться высокой смазочной способностью, необходимым противозадирным и противоизносным потенциалом;

- быть совместными с резинами, эластомерами и другими уплотнительными материалами.

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых компонентов, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. Наряду с этим ряд низко застывающих маловязких гидравлических масел получают глубокой серноокислотной очисткой легких фракций малопарафиновых нефтей нафтенового основания.

В гидравлические масла вводят антиокислительные, антикоррозионные противоизносные, противопенные и др. присадки. Наибольшее распространение в качестве противоизносной присадки для массовых сортов масел получили диалкилдитнофосфаты металлов (в основном цинка) или их «беззольные» варианты (амминные соли и сложные эфиры дитнофосфатной кислоты).

16.2 Система обозначений рабочих жидкостей

В данной главе рассматриваются рабочие жидкости для гидравлических систем мобильной техники (ГОСТ 17479.3-85) как гидравлические масла. В зависимости от эксплуатационных свойств гидравлические масла подразделяются на следующие группы:

А - нефтяные гидравлические масла без присадок, применяемые в малонапряженных гидравлических системах при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме полостей системы до 80°C;

Б - хорошо очищенные нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками, предназначенными для использования в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90°C,

В - хорошо очищенные нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками, предназначенными для использования в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90°C.

В масла всех трех групп могут вводиться загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

По показателям вязкости при 40°C ГОСТ 17479.3-85 (аналогично международной вязкостной градации масел ISO) предусматривает деление гидравлических масел на 10 классов вязкости:

Класс вязкости	Вязкост	Класс вязкости	Вязкость
	ь,		,
	•у		мм /с
	мм /с		

5	4,14-	32	28,80-
	5,06		35,20
7	6,12-	48	41,40-
	7,48		50,60
10	9,00-	68	61,20-
	11,00		74,80
15	13,50-	100	90,00-
	16,50		110,00
22	19,80-	150	135,00-
	24,20		165,00

Установлено также соответствие групп отечественных гидравлических масел классификационным группам ISO 6074/4-1982 (Е.): А-НН, Б-НЛ, В-НМ. Запущенные вязкостными присадками масла группы В соответствуют классификационной группе ISO «НV».

Система обозначений гидравлических масел состоит из буквенных знаков МГ-минеральное гидравлическое, далее указывают класс вязкости и, наконец, принадлежность к одной из трех групп по эксплуатационным свойствам (А, Б, В). Например, МГ-15-Б означает; масло минеральное гидравлическое, класс вязкости 15 (13,50-16,50 мм²/с), по эксплуатационным свойствам относится к группе Б.

Соответствие продуктов действующего ассортимента гидравлических масел нефтяного происхождения, выпускаемых по различным нормативно-техническим документам (НТД) по ГОСТ 17479.3-85, приведено в табл. 16.1. По уровню вязкости гидравлические масла подразделяются на маловязкие, средневязкие и вязкие.

Для гидросистем в качестве рабочей жидкости

Таблица 16.1

Обозначение гидравлических масел

Обозначение по ГОСТ 17479.3-85	Существующее обозначение	Действующая НТП
МГ-22-А	АУ	ГОСТ 1642-75
МГ-5-Б	МГЕ-4А	ОСТ 38 012881-82
МГ-7-Б	РМ	ГОСТ 15819-70
МГ-10-Б МГ-22-Б	РМЦ АУП	ГОСТ 15819-70 ОСТ 38 01364-84
МГ-46-Б	МГ-30	ТУ 38 10150-79
МГ-15-В	ВМГЗ	ТУ 38 101479-74
МГ-15-В	МГЕ-10А	ОСТ 38 01281-82
МГ-46-В	МГЕ-46В	ТУ 38001347-83

Масло МГ-30 предназначено для- гидросистем с рабочим давлением до 20 МПа в весенне-летний период в средней климатической зоне и всесезонно в южных районах.

Для гидросистем различной техники все сезонно в интервале температур от -50 до 50°С предназначено масло ВМГЗ.

Широкое распространение получило масло МГЕ-10А, которое представляет собой загущенную низкозастывающую фракцию с присадкой. Это масло может работать в широких температурных пределах (-60...+90°С). Температура застывания равна -70°С.

В качестве рабочей жидкости для гидросистем отдельных тракторов применяют моторное масло. Оно не в полной мере удовлетворяет необходимым требованиям из-за относительно высокой вязкости и несоответствующих вязкостно-температурных свойств, а также из-за высокой зольности присадок, способствующей повышенному износу.

Глава 17. Жидкости для тормозных систем

В качестве тормозных жидкостей для гидравлических тормозов автомобилей и других машин применяют жидкости с низкой температурой замерзания, хорошими антикоррозионными свойствами и не разрушающие резиновые изделия.

Выпускают тормозные жидкости на касторовой, глицериновой, гликолевой и нефтяной основах.

На касторовой основе выпускают автомобильные тормозные жидкости марок ЭСК и БСК. Жидкость ЭСК представляет собой смесь 60% касторового масла и 40% этилового спирта, окрашенную в красный цвет, жидкость БСК - 50% касторового масла и 50% бутилового спирта, окрашенную в оранжевый цвет. Недостатком является то, что их невозможно применять при температуре окружающего воздуха ниже -20 - 25°C.

На глицериновой основе выпускают тормозную жидкость, содержащую 35% очищенного глицерина и 65% спирта-ректификата. Хранить их надо в герметизированных емкостях.

На гликолевой основе выпускают автомобильные жидкости марки ГТЖ — 22М (ТУ 60 1814 - 73) и Нева (ТУ 6 011163-78). Основным компонентом в них являются гликоль и его производные. Они содержат вязкостные, проти-воизносные, ингибиторы коррозии и другие присадки. Их можно применять при низких температурах. Жидкость ГТЖ-22М окрашена в зеленый цвет, и принята в качестве единой всесезонной гидротормозной жидкости для отечественных автомобилей. Эта жидкость при 50°C имеет кинематическую вязкость в пределах 7,9 - 8,3 сСт, температура замерзания -65°C. Недостатком являются повышенная коррозионная агрессивность к чугуну и невысокие смазывающие свойства.

Жидкость Нева рекомендуется для применения в приводах тормозов современных легковых автомобилей. Не боится воды (гликоль хорошо растворяется в воде).

Всесезонная жидкость Томь (ТУ 6 012620-77) представляет собой смесь гликолей и эфиров борной кислоты. Основные преимущества этой жидкости: небольшая гигроскопичность, хорошие противоизносные и антикоррозионные свойства, низкая стоимость. Эксплуатационные свойства этой жидкости обеспечивают надежную работу приводов тормозов грузовых и легковых автомобилей.

Глава 18. Жидкости для амортизаторов

Наиболее широко в амортизаторах автомобилей используется жидкость АЖ - 12 Т (ГОСТ 23008-78). Она представляет собой смесь маловязкого минерального масла и кремнийорганической жидкости с добавлением противоизносной и антиокислительной присадок. Интервал рабочих температур находится в пределах -50 ...+60°C.

Используется также все сезонное масло МГП - 10 (ТУ 38 154-74), которое является смесью трансформаторного масла, кремнийорганической жидкости, животных жиров, антиокислительной и противопенной присадок.

При отсутствии специальных жидкостей применяют смеси трансформаторного и турбинного масел в равном соотношении. Зимой можно использовать веретенное масло АУ.

Глава 19. Консервационные жидкости

Консервационные масла К-17, НГ-203 и консервационно рабочие масла с присадками АКОР-1 и КП широко применяют для консервации двигателей, агрегатов трансмиссии, редукторов и т.п., а также наружных поверхностей.

Для длительной консервации машин (5 и более лет) применяют смазку К-17 (ГОСТ 10877-76). Кинематическая вязкость при температуре 100°C составляет 15-22 сСт, температура застывания -20°C. Для консервации двигателя сливают моторное масло и

через форсуночные отверстия заливают консервационное. Проворачивают коленчатый вал для равномерного распределения масла на зеркалах гильз цилиндров и поршнях. При вводе двигателя в эксплуатацию заливают моторное масло.

Консервационное масло НГ-203А (ГОСТ 12238-77) представляет собой маслянистую жидкость коричневого или черного цветов. Кине Кинемати вязкость равна 25-50 сСт. Сохраняют Консервационные свойства в течение года.

Универсальные масла для внутренней консервации двигателей, агрегатов трансмиссии и т.п. получают добавлением к рабочему маслу около 5% при-, садки АКОР-1. Дают двигателю поработать в течение 5 мин. Расконсервация не требуется. Защитное действие сохраняется в течение одного года.

Присадку АКОР-1 можно применять как защитную жидкость для наружной консервации.

Защитные Консервационные смазки должны быть влагоустойчивы. Наименее устойчивой является смазка 1-13. Быстро смывается также смазка ЦИАТИМ-201. Солидол и смазка ПВК имеют более высокие защитные свойства и наиболее стойки.

Для консервации деталей в виде защитного пленочного покрытия выпускают защитные покрытие НГ-216 «Масилин» (ТУ 38 101427-76). После нанесения такой смазки растворитель испаряется, а на поверхности образуется воскообразная пленка толщиной 0,1-0,5 мм.

Для защиты от коррозии скрытых полостей автомобилей широко применяется автоконсервант «Мовиль» (ТУ 6151131-78)

Глава 20. Жидкости для удаления нагара с деталей двигателя

Для удаления нагара с поршней, поршневых колец, головок блока и других деталей применяют различные моющие составы, приготовленные на основе каустической соды (едкого натра) с добавлением жидкого стекла, углекислого натрия и других веществ. Недостатком их является сильное коррозионное действие на детали из цветных металлов или сплавов, особенно алюминиевые. Кроме того, эти составы токсичны. Детали выдерживают в составах 2-3 часа при температуре 80-85°C. После этого отложения легко снимаются с деталей при помощи кисти. Приведем рецепт одного состава. На 100 л воды приходится 2,5 кг едкого натра, 3,3 кг каустической соды, 0,15 кг жидкого стекла и 0,85 кг мыла.

Применяют также синтетические моющие средства, которые не корродируют металлические поверхности и хорошо смазывают нагар. Среди них наиболее распространены МС-5, МС-6 и МС-8. Эти смеси неионогенных поверхностно-активных веществ с добавлением активных соединений в виде три полифосфата натрия, кальцинированной соды и других соединений. Эти моющие средства используют в виде 1,0-2,5%-ных водных растворов.

Состав МС-5 особенно эффективен для мойки деталей и сборочных единиц двигателей внутреннего сгорания, состав МС-6 - для деталей трансмиссий и ходовой части автомобилей, тракторов. Состав МС-8 используют для очистки сильно загрязненных машин. Эти составы можно использовать также для наружной мойки тракторов и автомобилей. В этом случае их раствор готовят меньшей концентрации (10-15г/л).

Температура состава 70-80°C. При средней загрязненности на 1 т деталей необходимо 1 -2 кг моющего средства. Продолжительность мойки не превышает 10-30 мин.

При очистке машин пароводоструйной установкой используют синтетическую пасту «Аэрол» в концентрации 1-5 г/л. Применение этого препарата позволяет быстро и полностью удалить отложения, нагары и лаки с сильно загрязненных поверхностей.

Для получения особенно чистых поверхностей деталей применяют

ультразвуковую обработку эмульсией (дизельное топливо с водой и небольшим количеством поверхностно- активных веществ).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2084-77. Бензины автомобильные. Технические условия. Введен 01.01.79. Переиздания о изменениями 1990г. - М.: Издательство стандартов, 1990.- 12с.
2. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия. Введен 01.01.83. -М.; Издательство стандартов, 1982.- 2с.
3. ГОСТ 17479.0-85. Масла нефтяные, Классификация и обозначение. Общие требования. Введен 01.01.87. - М.: Издательство стандартов, 1985.- 25с.
4. ГОСТ 17479.1-85. Масла моторные, Классификация и обозначение. Введен 01.01.87. - М.: Издательство стандартов, 1985.- 4с.
5. ГОСТ 17479.2-85. Масла трансмиссионные. Классификация и обозначения. Введен 01.01.87. - М.: Издательство стандартов, 1985.- 3с.
6. ГОСТ 17479.3-85. Масла гидравлические. Классификация и обозначения. Введен 01.01.87. - М.: Издательство стандартов, 1985.- 2с.
7. Итинская Н.И. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. -М.: Колос, 1974.-352с.
8. Итинская Н.И. Лабораторные работы и технические жидкости. -М.: Сельхозгиз, 1962.- 192с.
9. Кузнецов А.В. Кульчев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. М.: Агропромиздат, 1987,- 224с.
10. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. - М.: Агропромиздат, 1985.-336с.
11. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. - М.: Машиностроение, 1985,- 200с.
12. Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение, Справочник/ И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под редакцией В.М. Школьникова - М.: Издательский центр «Техинформ».-1999.-596с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ I. ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВ, ТОПЛИВ	4
Глава1 Виды, состав и свойства топлив	4
1.1. Классификация и общий состав топлив	4
1.2. Теплота сгорания топлива	6
1.3. Определение количества воздуха, необходимого для сгорания топлива	8
1.4. Определение продуктов сгорания топлив	10
Глава 2. Общие сведения о получении топлива и смазочных материалов из нефти	11
2.1. Химический состав нефти и его влияние на свойства нефтепродуктов	11
2.2. Получение топлива и смазочных материалов для двигателей внутреннего сгорания	15
2.3. Очистка топливных фракций	17
2.4. Очистка масляных фракций	18
Глава. 3. Эксплуатационные свойства и использование топлива для карбюраторных двигателей.	20
3.1. Требования, предъявляемые к карбюраторному топливу	20
3.2. Теплота сгорания топливовоздушной смеси	22
3.3. Смесеобразующие свойства топлива	23
3.4. Нормальное и детонационное сгорание топлива	27
3.5. Влияние, конструктивных и эксплуатационных факторов и свойства топлива на процесс сгорания	28
3.6. Оценка и методы повышения противодетонационных свойств бензинов	30
3.7. Склонность бензинов к образованию отложений	32
3.8. Коррозионные свойства бензинов	34
3.9. Марки и виды бензинов	34
Глава 4. Эксплуатационные свойства и использование дизельного топлива	35
4.1. Требования, предъявляемые к дизельному топливу.	35
4.2. Условия сгорания топлива	35
4.3. Оценка самовоспламеняемости топлива	36
4.4. Смесеобразующие свойства дизельного топлива	38
4.5. Нагарообразующие свойства дизельного топлива	41
4.6. Коррозионные свойства топлива	42
4.7. Марки и виды дизельных топлив	43
Глава 5. Эксплуатационные свойства и использование газообразного топлива	43
5.1. Виды газообразного топлива	43
5.2. Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания	45
РАЗДЕЛ II. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	46
Глава 6. Сведения о трении, износе и видах смазочных материалов	46
6.1. Назначение смазочных материалов и виды трения	46
6.2. Виды изнашивания поверхностей деталей	49
6.3. Виды смазочных материалов и требования, предъявляемые к ним	50
Глава 7. Свойства присадок к смазочным маслам и механизм их действия	51
7.1. Назначение, виды и механизм действия присадок однофункционального назначения	51
7.2. Многофункциональные присадки	53
Глава 8. Оценка эксплуатационных свойств моторных масел	54

8.1. Методы оценки качества смазочных масел	54
8.2. Вязкостные свойства масел	55
8.3. Термоокислительная стабильность масел	55
8.4. противокоррозионные свойства масел	57
8.5. Противоизносные свойства масел	57
Глава 9. Влияние различных факторов на изменение качества масла в двигателе классификация и марки масел	58
9.1. Условия работы и факторы, влияющие на изменение качества моторного масла	58
9.2. Влияние отдельных факторов на окисление моторного масла	59
9.3. Влияние прокачиваемости масла на изменение его качества	60
9.4. Влияние объема системы смазки двигателя на изменение качества масла.	61
9.5. Влияние загрузки двигателя на изменения качества моторного масла	62
9.6. Классификация моторных масел для автотракторных двигателей.	63
9.7. Марки моторных масел для карбюраторных и дизельных двигателей	65
Глава 10. Изменение качества моторных масел при эксплуатации двигателей	66
10.1. Характеристика напряженности работы моторного масла в двигателе	66
10.2. Освежение моторного масла	67
10.3. Роль маслоочистительных устройств двигателей в изменении качества моторного масла	67
10.4. Изменение физико-химических и эксплуатационных показателей моторного масла	68
Глава 11. Пути совершенствования и эффективного использования моторных масел	69
11.1. Повышение эксплуатационных свойств моторных масел воздействием ультразвука	69
11.2. Техничко-экономические мероприятия при эксплуатации машин	69

Использование эксплуатационных материалов. Учебное пособие.
Составитель Никифоров И.К.
Подписано в печать 01.10.2003 г. Формат 60x84 1/8.
Усл. п.л 12.0. уч.-изд.л. 11.6. Тираж: электронный вариант
Издательство ВСГТУ, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская,40в ВСГТУ, 2003 г.